13 ก.ค. 2558

รายงานการวิจัย

การพัฒนาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตกระดาษสาจากเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา

The Development of Optimized Ratio for the Paper Production from Grapefruit Peel Fiber with Water Hyacinth Fiber

นางสาวโนรอารฟะห์ หามะ
นางสาวนายีเราะห์ ปูเต๊ะ

รายงานวิจัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
โปรแกรมวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
2557

ใบรับรองการวิจัยสิ่งแวดล้อม

โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์)

เรื่อง การพัฒนาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตกระดาษสาจากเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา

The Development of Optimized Ratio for the Paper Production from Grapefruit Peel Fiber with Water Hyacinth Fiber

ผู้วิจัย นางสาวนายีเราะห์ ปูเต๊ะ รหัส 534291012

นางสาวโนรอารฟะห์ หามะ รหัส 534291016

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

คณะกรรมการที่ปรึกษา

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ขวัญกมล ขุนพิทักษ์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พลพัฒน์ รวมเจริญ)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ

(ดร.สุชีวรรณ ยอยรู้รอบ)

.....กรรมการ

(นางสาวนัดดา โปดำ)

.....กรรมการ

(นางสาวหิรัญวดี สุวิบูรณ์)

.....กรรมการ

(นายกมลนาวิน อินทนูจิตร)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พลพัฒน์ รวมเจริญ)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ขวัญกมล ขุนพิทักษ์)

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา รับรองแล้ว

.....

(ดร.พิพัฒน์ ลิมปนะพิทยาธร)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1125981
26 มี.ค. 2558
0
676.22
พ877ก

กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาการวิจัยสิ่งแวดล้อม (4064902) รายงานฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์จาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ขวัญกมล ขุนพิทักษ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.พลพัฒน์ รวมเจริญ ที่ได้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัยซึ่งให้คำแนะนำปรึกษาในการดำเนินการทดลองและคอยให้คำแนะนำเพิ่มเติม และอ่านแก้ไขข้อบกพร่องในรายงานวิจัยเพื่อปรับปรุงให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นตลอดจนเป็นกำลังใจให้ตลอดมา

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ขวัญกมล ขุนพิทักษ์ ดร.สุชีวรรณ ยอยรู้รอบ อาจารย์นัดดา โปดำ อาจารย์หิรัญวดี สุวิบูรณ์ และอาจารย์กมลนาวิน อินทนูจิตรที่ให้คำปรึกษา และคำแนะนำต่างๆ ในการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ นวรัตน์ สีตะพงษ์โปรแกรมวิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมืออุปกรณ์ในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ คุณสอแหละ บางูสัน เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมที่ให้ความสะดวกเกี่ยวกับอุปกรณ์ เครื่องมือในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ โปรแกรมวิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัย

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง และมีส่วนช่วยเหลืองานวิจัยในครั้งนี้ทุกภาคส่วน โดยเฉพาะอย่างยิ่งขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่คอยให้กำลังใจในการทำงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีคุณค่าและประโยชน์ใดๆ ที่พึงได้จากงานวิจัยฉบับนี้ผู้วิจัยได้มอบเป็นรางวัลแห่งความภาคภูมิใจแด่ บิดามารดาและคณาจารย์ทุกท่านที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัยมาตลอด

นางสาวโนรอารฟะห์ หามะ
นางสาวนายีเราะห์ ปูเต๊ะ
พฤศจิกายน 2557

ชื่อการวิจัย การพัฒนาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตกระดาษสาจากเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา

ชื่อผู้วิจัย นางสาวโนรอารฟะห์ หามะ
นางสาวนายีเราะห์ ปูเต๊ะ
ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต
โปรแกรมวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
คณะ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ปีการศึกษา 2557
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ขวัญกมล ขุนพิทักษ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พลพัฒน์ รวมเจริญ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของกระดาษที่ผลิตจากเส้นใยเปลือกส้มโอผสมกับเส้นใยผักตบชวา สำหรับใช้เป็นห่อของขวัญ และบัตรอวยพร โดยมุ่งเน้นอัตราส่วนของกระดาษตามผลิตภัณฑ์กระดาษชุมชน เพื่อป้องกันการใช้งานในการป้อนม้วน แรงดึง แรงเฉือน แรงบิด และแรงที่ทำให้กระดาษโค้งงอ งานวิจัยนี้เลือกใช้อัตราส่วนระหว่างเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา ร้อยละ 10:90 20:80 30:70 40:60 50:50 60:40 70:30 และ 80:20 ตามลำดับ จากนั้นนำกระดาษที่ได้ไปทดสอบหาค่าน้ำหนักมาตรฐาน ความหนา ความชื้น ความหนาแน่นปริมาตรจำเพาะ ความต้านทานแรงดึง และความต้านทางแรงฉีกขาดตามผลิตภัณฑ์กระดาษชุมชน ผลการทดสอบพบว่า กระดาษที่ผลิตจากเปลือกส้มโอผสมผักตบชวาในอัตราส่วนร้อยละ 40:60 และ 50:50 มีค่าใกล้เคียงกับกระดาษจากค่าผลิตภัณฑ์กระดาษชุมชนมากที่สุดคือ น้ำหนักมาตรฐานเท่ากับ 63.03 และ 66.00 g/m^{2}ความหนาเท่ากับ 0.17 และ 0.16 mm ความชื้นเท่ากับ 6 และ 5 % ความหนาแน่นเท่ากับ 0.37 และ 0.40 g/cm^2 ปริมาตรจำเพาะเท่ากับ 2.68 และ 2.44 cm^2/g ความต้านทานแรงดึงเท่ากับ 36และ 33 N.m/gและความต้านทางแรงฉีกขาด 11 และ 11 m.Nm^2/gตามลำดับซึ่งกระดาษที่ผลิตจากเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวาในอัตราส่วนร้อยละ 40:60 และ 50:50 มีความเหมาะสมในการผลิตกระดาษสาได้จากการทดลองที่ได้ศึกษาครั้งนี้ มีข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต คือ การศึกษาครั้งต่อไปควรมีการศึกษาตรวจสอบน้ำเสียที่ใช้หลังการทำกระดาษสาเพื่อไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม เนื่องด้วยการผลิตกระดาษสาต้องใช้สารเคมี

Title The Development of Optimized Ratio for the Paper Production from Grapefruit Peel Fiber with Water Hyacinth Fiber

Author Miss Norarfah Hama

Miss Nayeeroh Puteh

Program Bachelor of Science

Major Environmental Science (Environmental Technology)

Academic Year 2014

Adviso Assistant Professor Khwankamon Khoonpitak

Co-Advisor Assistant Professor Dr.Polphat Ruamcharoen

Abstract

This research aims to determine the appropriate ratio of paper made from fibers mixed with grapefruit peel. and water hyacinth for gift wrap and greeting cards application. This research to eused on the paper preparation following the community the use of rolled feeder tension, shear, torsion and force which bends the paper. The ratios of water hyacinth fiber and grapefruit peel fiber percent were 10:90 20:80 30:70 40:60 50:50 60:40 70:30 and 80:20 respectively. Then the properties ie weight, thickness, moisture, density, specific volume, testing tensile strength and the tear resistance of end sample was determined. The results showed that paper made from grapefruit peel and water hyacinth fiber in the ratio of 40:60 and 50:50 were the most similar to the paper from the paper fiber product. with the weight were 63.03 and 66.00 g/m^2. Thickness of 0.17 and 0.16. humidity of 6 and 5%. density of 0.37 and 0.40 g/cm^2. specific volumes were 2.68 and 2.44 cm^2/g, tensile strengths were 36 and 33 Nm/g. tear resistances were 11 and 11 m.Nm^2/g, respectively. This paper manufactured from water hyacinth fiber, grapefruit peel in the ratio of 40:60 and 50:50 are suitable for the production of paper production. From this study, there are suggestions for research in the future. Waste water used after production of the paper would be checked to ensure that waste water would not destroy the environment because the production of this paper need to chemicals.

สารบัญ

กิตติกรรมประกาศ		**ก**
บทคัดย่อ		**ข**
Abstract		**ค**
สารบัญ		**ง**
สารบัญตาราง		**ฉ**
สารบัญภาพ		**ช**
บทที่ 1	**บทนำ**	
	1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย	1
	1.2 วัตถุประสงค์	2
	1.3 ตัวแปร	3
	1.4 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย	3
	1.5 สมมุติฐาน	3
	1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
	1.7 ระยะเวลาที่ทำการวิจัย	3
บทที่ 2	**เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	
	2.1 ประวัติการผลิตกระดาษสา	5
	2.2 วัตถุดิบในการทำกระดาษสา	6
	2.3 องค์ประกอบของเปลือกส้มโอและผักตบชวา	7
	2.4 คุณสมบัติทั่วไปของกระดาษสา	10
	2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	17
บทที่ 3	**วิธีการดำเนินการวิจัย**	
	3.1 ขอบเขตการวิจัย	21
	3.2 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี	21
	3.3 การเก็บและการเตรียมตัวอย่าง	22
	3.4 วิธีการวิเคราะห์	25

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 4 ผลและการอภิปรายผลการวิจัย

4.1 ลักษณะของเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา 26

4.2 ลักษณะของกระดาษสาจากเปลือกส้มโอกับผักตบชวา 27

4.3 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ 29

4.4 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต 39

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย 43

5.2 ข้อเสนอแนะ 44

บรรณานุกรม **45**

ภาคผนวก ก ภาพการทดลองและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง **ก-1**

ภาคผนวก ข ข้อมูลการทดลอง **ข-1**

ภาคผนวก ค ตัวอย่างการคำนวณวิจัย **ค-1**

ภาคผนวก ง แบบเสนอโครงการวิจัย **ง-1**

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	อัตราส่วนโดยเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวาต่อตัวทำละลาย	24
4.1	ผลการทดสอบคุณสมบัติด้านกายภาพ	30
4.2	ราคาวัสดุที่ใช้ในการขึ้นรูปแผ่นกระดาษสาจากเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา	40
4.3	ต้นทุนด้านวัสดุของแผ่นกระดาษสาจากเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวาที่ 40:60	40
4.4	ต้นทุนด้านวัสดุของแผ่นกระดาษสาจากเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวาที่ 50:50	41
4.5	ต้นทุนด้านพลังงาน	41
4.6	ต้นทุนรวมของแผ่นกระดาษสาจากเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา	42

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ภาพจำลองแสดงชั้นของผนังเซลล์พืชและองค์ประกอบที่สำคัญในแต่ละชั้น	8
2.2	ภาพจำลองแสดงโครงสร้างทางเคมีของเส้นใยเซลล์ลูโลส	9
3.1	แผนผังขั้นตอนเตรียมวัตถุดิบเปลือกส้มโอของการวิจัย	22
3.2	แผนผังขั้นตอนเตรียมวัตถุดิบผักตบชวาของการวิจัย	23
4.1	ลักษณะของเส้นใยเปลือกส้มโอ	26
4.2	ลักษณะของเส้นใยผักตบชวา	27
4.3	ลักษณะของแผ่นกระดาษ	28
4.4	แสดงผลการทดสอบน้ำหนักมาตรฐานของแผ่นกระดาษ	31
4.5	แสดงผลการทดสอบคุณสมบัติความชื้นของแผ่นกระดาษ	33
4.6	แสดงผลการทดสอบคุณสมบัติความหนา	34
4.7	แสดงผลการทดสอบคุณสมบัติความหนาแน่น	35
4.8	แสดงผลการทดสอบคุณสมบัติปริมาตรจำเพาะ	36
4.9	แสดงผลการทดสอบคุณสมบัติความต้านทางต่อแรงฉีกขาดเฉลี่ย	38
4.10	แสดงผลการทดสอบคุณสมบัติความต้านทางต่อแรงดึงเฉลี่ย	39

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

กระดาษสาเป็นกระดาษพื้นเมืองทางภาคเหนือ ที่มีการผลิตมานานหลายชั่วอายุคน ซึ่งยังคงมีการผลิตการดาษสามาจนถึงปัจจุบัน ทั้งโรงงานอุตสาหกรรม ขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก สมัยแรกนิยมผลิตจากต้นปอสา เพื่อนำใช้คำสั่งสอนและทำร่ม เป็นต้น ผลิตภัณฑ์สามารถส่งออกขายยังต่างประเทศ ซึ่งกระดาษกำลังเป็นสินค้าที่ได้รับความนิยมทั้งตลาดภายในและตลาดภายนอก ในขณะกลุ่มผู้ผลิตกระดาษสาในภาคเหนือ กำลังประสบกับปัญหาการขาดแคลนเปลือกสา ทำให้เปลือกสามีราคาแพง และหาซื้อได้ยาก (เจษฎา สุวรรณ, 2535) พบว่ากลุ่มผู้ผลิตกระดาษสาต้องซื้อเปลือกสาในราคากิโลกรัมละ 10-12 บาท ในปี พ.ศ. 2532 ซึ่งทำนองเดียวกันกับหมู่บ้านที่ผลิตกระดาษสาใน จังหวัดเชียงราย จังหวัดเชียงใหม่ และจังหวัดพะเยา ก็พบปัญหาเช่นเดียวกัน คือ ต้องซื้อเปลือกสาในราคาที่แพงขึ้นเฉลี่ยกิโลกรัมละ 16-25 บาท และราคาจะสูงขึ้นอีกในปีต่อๆไปจากสภาพของปัญหาที่กล่าวมาเป็นแรงจูงใจให้ผู้วิจัยคิดค้นหาเส้นใยต่างๆจากพืชพรรณไม้มาผลิตเป็นกระดาษสาในปัจจุบันมีการพัฒนากระดาษสาโดยการแปรรูปจากเส้นใยพืชพรรณไม้ จากการศึกษาถึงวัสดุในปัจจุบันนั้นได้มีการประยุกต์ใช้เส้นใยตามธรรมชาติ มาใช้เป็นเส้นใยเสริมแรงในวัสดุ เนื่องจากเส้นใยธรรมชาติมีเยื่อลักษณะพิเศษที่สามารถผลิตกระดาษสาได้ เช่น มีความเหนียว แข็งแรง ทนทาน สวยงาม และวัตถุดิบยังหาได้ง่าย และมีปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติของเส้นใย คือ โครงสร้างทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และการจัดเรียงตัวของโมเลกุล ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้จะทำปฏิกิริยาที่ทำให้กระดาษสามีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น จึงเหมาะสำหรับการนำมาพัฒนาทำเป็นกระดาษสา เมื่อนำกระดาษสาไปใช้ในอุตสาหกรรม หรือแปรรูปต่างๆ เช่น ร่มกระดาษสา ดอกไม้ประดิษฐ์ ปกสมุดบันทึก กระดาษห่อของขวัญ โคมไฟ บัตรอวยพร ของชำรวยและใช้ในงานศิลปหัตกรรม นอกจากจะช่วยลดต้นทุน และเพิ่มประสิทธิภาพของกระดาษสาแล้วยังช่วยลดปัญหาผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมได้ ฉะนั้นการพัฒนากระดาษสาจึงมีกระบวนการผลิตกระดาษสาที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมที่สามารถเข้าถึงเป้าหมายตลาดภายในและภายนอกประเทศ ดังนั้นจำเป็นมีการส่งเสริมพัฒนาคุณภาพกระดาษสาให้ได้มาตรฐานและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น

เปลือกส้มโอจัดว่าเป็นวัสดุทางการเกษตรอีกประเภทหนึ่ง ซึ่งมีคุณสมบัติทางเส้นใยสามารถใช้ในการผลิตกระดาษสาได้ เนื่องจากบริเวณเปลือกสีขาวมีเยื่อบางโดยมีสารเพคตินเป็นองค์ประกอบที่มีลักษณะคล้ายวุ้นและเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ในผนังเซลล์และรอยต่อระหว่างผนังเซลล์ของเปลือกส้มโอสีขาว โดยรวมตัวอยู่กับเซลลูโลส ทำหน้าที่ยึดเกาะผนังเซลล์ให้ติดกันคล้ายกับซีเมนต์

เมื่อนำมาผลิตเป็นกระดาษสาทำให้เส้นใยมีการยึดเกาะแน่น จึงได้ทำการศึกษา (ฐิติมน สันติชัยรัตน์, 2555) พบว่ากระดาษที่ได้จากเปลือกส้มโอเนื้อกระดาษไม่เรียบ กระดาษแข็งเปราะหักง่ายไม่สามารถใช้งานได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงคิดค้นหาอัตราส่วนผสมจากวัสดุผักตบชวา ซึ่งผักตบชวาเป็นพืชที่มีคุณสมบัติของเส้นใยมากถึง 70 เปอร์เซ็นต์ เป็นเส้นใยเดี่ยวมีความเหนียวมากสามารถประสานให้เยื่อของกระดาษยึดติดกัน (ปารีชาติ วิระพันธุ์, 2551) พบว่ากระดาษที่ได้จากเส้นใยผักตบชวา กระดาษละเอียด มีสีน้ำตาลอ่อน มองเห็นลวดลายของเส้นใยในเนื้อกระดาษได้ชัดเจน ผิวสัมผัสมีความหยาบสามารถใช้งานได้

จากในพื้นที่จังหวัดปัตตานีเป็นพื้นที่ที่มีการทำเกษตรกรรมหลากหลายรูปแบบ อาทิ เช่น การทำสวนยาง การทำนา การปลูกพืชผักผลไม้ต่างๆ ซึ่งส้มโอเป็นพืชที่นิยมปลูกกันเป็นจำนวนมาก ทำให้เปลือกส้มโอและลูกที่หล่นจากต้นมีปริมาณมาก จึงทำให้ขาดการกำจัดเปลือกส้มโออย่างถูกวิธีและการนำไปใช้ประโยชน์มีน้อยมาก จากปริมาณของเปลือกส้มโอที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ทัศนียภาพในพื้นที่เสื่อมลง ส่วนพืชผักตบชวาในพื้นที่จังหวัดสงขลามีการขยายตัวในแหล่งน้ำอย่างรวดเร็ว เพราะมีปัจจัยภายนอกเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น การได้รับธาตุอาหารจากแหล่งต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นทางการเกษตร ทางอุตสาหกรรม และจากชุมชน เมื่อมีพืชผักตบชวาในแหล่งน้ำในปริมาณที่มากจะทำให้อัตราการไหลของแหล่งน้ำเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

จากปัญหาข้างต้นที่กล่าวมา ทำให้คณะผู้วิจัยจึงเกิดแนวความคิดที่จะศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาวัสดุเหลือใช้จากเปลือกส้มโอโดยใช้เส้นใยผักตบชวาเป็นส่วนผสมในการพัฒนาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตกระดาษสา ซึ่งเป็นการเสริมแนวความคิดในการดึงประโยชน์ของทรัพยากรธรรมชาติทางการเกษตรใช้ให้คุ้มค่ามากที่สุด นอกจากจะช่วยลดต้นทุน และเพิ่มประสิทธิภาพของกระดาษสาแล้ว ยังช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมอีกทางหนึ่ง ซึ่งเป็นแนวทางที่เหมาะสมในการกำจัดกับปัญหาสิ่งแวดล้อม จึงมีกระบวนการส่งเสริมพัฒนาคุณภาพกระดาษสาให้ได้มาตรฐานและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้นเพื่อการพัฒนาที่อย่างยืน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1) เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการผลิตกระดาษสาจากเปลือกส้มโอกับผักตบชวา

2) เพื่อศึกษาคุณภาพกระดาษสาจากเปลือกส้มโอกับผักตบชวาโดยเปรียบเทียบเกณฑ์ผลิตภัณฑ์กระดาษชุมชน

1.3 ตัวแปร

ตัวแปรต้น คือ อัตราส่วนระหว่างเปลือกส้มโอกับผักตบชวา

ตัวแปรตาม คือ คุณภาพของกระดาษสา

ตัวแปรควบคุม คือ วัตถุดิบ และกระบวนการผลิต

1.4 นิยามศัพท์

กระดาษสาเปลือกส้มโอ หมายถึง กระดาษที่ทำมาจากเปลือกส้มโอสีขาวมาผ่านกระบวนการย่อยแล้วทำเป็นแผ่นบนตะแกรงนำไปตากให้แห้งมีลวดลายในเนื้อ (ฐิติมน สันติชัยรัตน์, 2555)

กระดาษสาผักตบชวา หมายถึง กระดาษสาที่ทำมาจากผักตบชวา โดยการนำก้านของผักตบชวามาผ่านกระบวนการย้อยแล้วทำเป็นแผ่นบนตะแกรงนำไปตากให้แห่งมีลวดลายตามธรรมชาติที่เกิดขึ้นในเนื้อกระดาษ (วุฒินันท์ คงทัด, 2545)

กระดาษสาเปลือกส้มโอผสมผักตบชวา หมายถึง กระดาษที่ทำมาจากเปลือกส้มโอในส่วนเปลือกสีขาวผสมด้วยผักตบชวาในส่วนของก้านมาผ่านกระบวนการย่อยแล้วทำเป็นแผ่นบนตะแกรงนำไปตากให้แห้ง มีลวดลายในเนื้อเดียวกัน

1.5 สมมุติฐานของการวิจัย

1) เปลือกส้มโอผสมด้วยผักตบชวาสามารถนำมาทำกระดาษสาได้

2) ความแตกต่างของกระดาษสาจากวัสดุธรรมชาติเปลือกส้มโอกับผักตบชวา

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการทำวิจัย

1) ทราบกระบวนการผลิตกระดาษสาจากเปลือกส้มโอกับผักตบชวา

2) สามารถนำวัสดุเหลือใช้กลับมาใช้ใหม่ให้เกิดประโยชน์ในการทำกระดาษสา

3) เป็นแนวทางในการศึกษาค้นคว้าการทำกระดาษสาและเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือใช้

4) ช่วยลดปริมาณของเสียจากวัสดุเหลือใช้ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

5) ได้แนวคิดในการพัฒนากระดาษสา จากวัสดุธรรมชาติและได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

1.7 ระยะเวลาดำเนินการวิจัย

การพัฒนาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตกระดาษสาจากเยื่อเปลือกส้มโอผสมเส้นใยผักตบชวาได้เริ่มต้นทำการศึกษามาตั้งแต่เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2556 จนถึงเดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2557 ดังแสดงในตารางที่ 1.7

ตารางที่ 1.7 แสดงระยะเวลาในการดำเนินงานตลอดโครงการ

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาในการทำวิจัย														
	2556									2557					
	ก.พ - มี.ค	เม.ย	พ.ค	มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	มี.ค	เม.ย	พ.ค	มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค - พ.ย
ศึกษาเอกสารและรวบรวมข้อมูล	—														
สอบโครงร่างวิจัย		▲													
ดำเนินการวิจัย			—	—	—	—	—	—	—						
สอบรายงานความก้าวหน้า											▲				
การเขียนเล่มวิจัย												—	—	—	
สอบจบและแก้ไขเล่มวิจัย															▲

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้มีความสนใจที่จะใช้ประโยชน์จากเศษวัสดุทางการเกษตร ซึ่งสามารถนำมาทำให้เกิดประโยชน์โดยการนำวัสดุทางการเกษตรเหล่านี้มาผลิตหรือแปรรูปเป็นแผ่นกระดาษสา เพื่อใช้ทดแทนแผ่นกระดาษสาที่ทำจากต้นปอสาและพืชอื่นๆซึ่งได้จากการเตรียมเส้นใยเปลือกส้มโอผสมกับเส้นใยผักตบชวาที่ใช้ในการผลิตกระดาษสาโดยเนื้อหาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ คือ ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับประวัติการผลิตกระดาษสาวัตถุดิบในการทำกระดาษสา องค์ประกอบของเปลือกส้มโอและผักตบชวาคุณสมบัติทั่วไปของกระดาษสารวมทั้งรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างๆ

2.1 ประวัติการผลิตกระดาษสา

กระดาษสาสมัยก่อนได้มีการนำปอสาหรือต้นสา ซึ่งเป็นไม้พุ่มยืนต้นขนาดกลางมีเส้นใยชนิดหนึ่ง นำมาทำแผ่นกระดาษที่ผลิตด้วยมือ การทำกระดาษสาใช้มาไม่น้อยกว่า 500 ปี และได้ถูกเผยแพร่เข้ามาพร้อมกับพุทธศาสนาจากประเทศจีน ใช้ทำบันทึกคำสั่งสอนซึ่งเป็นการเกี่ยวข้องกับศิลปวัฒนธรรมประเพณีและพิธีกรรมทางพุทธศาสนา แหล่งผลิตแผ่นกระดาษสาจะอยู่ทางภาคเหนือของประเทศไทย เป็นอุตสาหกรรมในครอบครัวซึ่งเป็นการสืบทอดศิลปวัฒนธรรมมาจากบรรพบุรุษได้กว่าร้อยปี ส่วนใหญ่ใช้ผลิตเมื่อต้องการเขียนยันต์ ทำไส้เทียน และทำตุงเท่านั้น ต่อมาได้มีการนำไปใช้ในการผลิตร่ม ใบพัด โคมไฟ กล่องดินสอ และอื่นๆ ซึ่งกระดาษสายังไม่เป็นที่ต้องการของท้องตลาดมากนัก ตลาดจึงไม่ขยายตัวเท่าที่ควร ส่งผลให้เทคโนโลยีไม่พัฒนาไปด้วย จนกระทั่งต่อมากระดาษสาและผลิตภัณฑ์ ได้มีการส่งเสริมจากอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม และมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์อย่างจริงจังประมาณปี พ.ศ. 2537-2538 จึงทำให้การผลิตกระดาษสาด้วยมือจากอดีตถึงปัจจุบันได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานของทางราชการทั้งในประเทศและต่างประเทศ ส่งผลให้กระดาษสามีคุณภาพดีขึ้น และตลาดส่งออกขยายตัวอย่างรวดเร็วมากทำให้คนเริ่มรู้จักและสนใจกระดาษสากันมากขึ้น จึงทำให้แผ่นกระดาษได้มีการพัฒนาคิดค้นหาวิธีทำจากวัตถุดิบอื่นๆที่มีเส้นใยแทนปอสาเพราะเส้นใยพืชสามารถผลิตเยื่อกระดาษได้เกือบทุกชนิดและจัดเป็นวัตถุดิบสำคัญที่สุดในการทำเยื่อกระดาษ

2.2 วัตถุดิบในการทำกระดาษสา

2.2.1 ส้มโอเป็นพืชตระกูลส้ม มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Citrus maxima Merr.* หรือ *Citrus grandis Linn.* มีชื่อสามัญว่า Pomelo หรือ Shaddock ส้มโอเป็นพืชที่ให้ผลผลิตเพื่อบริโภคตลอดทั้งปีไม่จำกัดฤดูกาลเป็นไม้ผลเศรษฐกิจอีกชนิดหนึ่งมีคุณค่าทางอาหารและเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคจึงมีการปลูกกันอย่างแพร่หลายในประเทศ เนื่องจากมีรสชาติและเป็นที่นิยมบริโภคของคนทั่วไป ซึ่งสามารถนำส่งไปยังต่างประเทศ ส้มโอเป็นไม้ผลเมืองร้อนหรือกึ่งร้อน ที่สามารถเจริญเติบโตดีในประเทศมีทั้งพันธุ์พื้นเมือง และพันธุ์ที่นำเข้าจากต่างประเทศ

ลักษณะรูปพรรณส้มโอเป็นไม้ยืนต้นขนาดเล็ก แตกกิ่งก้านสาขาที่เรือนยอด ลำต้นมีสีน้ำตาล มีหนามเล็กๆ สูงประมาณ 8 เมตร ใบเป็นแผ่นหนาสีเขียวเข้ม โคนก้านใบมีหูใบแผ่ออกเป็นรูปหัวใจ แผ่นใบเหมือน มะกรูด คือแบ่งใบเป็น 2 ตอน แต่ขนาดใบใหญ่กว่า ใบหนาแข็ง มีสีเขียวแก่มีกลิ่นหอม ดอกออกเป็นช่อสั้นหรือดอกเดี่ยว ตามบริเวณง่ามใบ มีสีขาว ปลายกลีบมนมี 4 กลีบ กลางดอกมี เกสร 20-25 อัน ผลรูปทรงกลมหรือรูปแพร์ เส้นผ่าศูนย์กลาง 11-17 ซม. บริเวณขั้วผลนูนขึ้นเป็นกระจุก ผลอ่อนมีสีเขียวพอแก่มีสีเขียวอมเหลือง เปลือกผลหนา 1-2 ซม. ผิวผลเรียบ มีต่อมน้ำมันมาก ข้างในมีเยื่อสีขาวหรือสีชมพู ลักษณะหยุ่นนุ่มรสหวานหรือขมเล็กน้อยกั้นเนื้อผลที่เป็นถุงน้ำ ตรงกลางผลมีแกนแต่บ้างพันธุ์ไม่มีตามภายในผลเป็นช่องๆ มีแผ่นบางๆ สีขาวกั้นเนื้อให้แยกออกจากกัน เนื้อแต่ละส่วนเรียกว่า กลีบ มีรสหวานหรือหวานอมเปรี้ยว มีเมล็ดฝังอยู่ระหว่างเนื้อมากกว่า 1 เมล็ด พันธุ์ส้มโอที่ปลูกอยู่ในประเทศไทยมีมากกว่า 30 สายพันธุ์

ส้มโอเป็นพืชที่ให้ประโยชน์ในทางเศรษฐกิจอย่างมาก ผลไม้ส้มโอมีฤทธิ์เป็นยาในการรักษาโรค หรือนำไปประกอบอาหาร เช่น ยำ เมี่ยง ส้มตำ ข้าวยำ หรือทำของหวานเช่นแยม น้ำผลไม้ส้มโอ เปลือกนอกสีขาวนำไปทำเปลือกส้มโอแช่อิ่ม ผลิตเป็นน้ำยาล้างจาน ใช้เป็นสมุนไพรในการกำจัดยุ้งลาย นำไปกลบใต้ต้นไม้กลายเป็นปุ๋ย โดยไม่ต้องเน่าเสียไปเฉยๆ หรือสามารถนำไปตากแห้งเป็นเชื้อเพลิงได้เช่นเดียวกัน ส่วนเปลือกสีเขียวที่มีน้ำมันบริเวณผิวนำมาสกัดเพื่อใช้ประโยชน์ได้ ทำกระดาษจากเปลือกส้มโอสีขาวสกัดน้ำมันผิวส้มโอจากเปลือกสีเขียวเป็นกระดาษที่ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย ซึ่งเป็นอีกทางหนึ่งที่สามารถสร้างรายได้ทางการค้าขาย

2.2.2 ผักตบชวา *(Water Hyacinth, Eichhorniacrassipes (Mart.) Soloms)* เป็นพืชน้ำซึ่งจัดเป็นพืชประเภทใบเลี้ยงเดี่ยวอยู่ในวงศ์ *Pontederiaceae* มีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศบราซิลทวีปอเมริกาใต้พบครั้งแรกในปี พ.ศ. 2367 โดย Karl Von Matius และมีการขยายพันธุ์ไปประเทศ ในเขตร้อนและกึ่งเขตร้อน โดยมีการนำเข้ามาจากประเทศอินโดนีเซียในปี พ.ศ. 2444 เป็นวัชพืชที่ร้ายแรงในแหล่งน้ำทั่วไป ก่อให้เกิดปัญหามากมายในด้านการกำจัดรวมถึงประเทศไทยด้วย

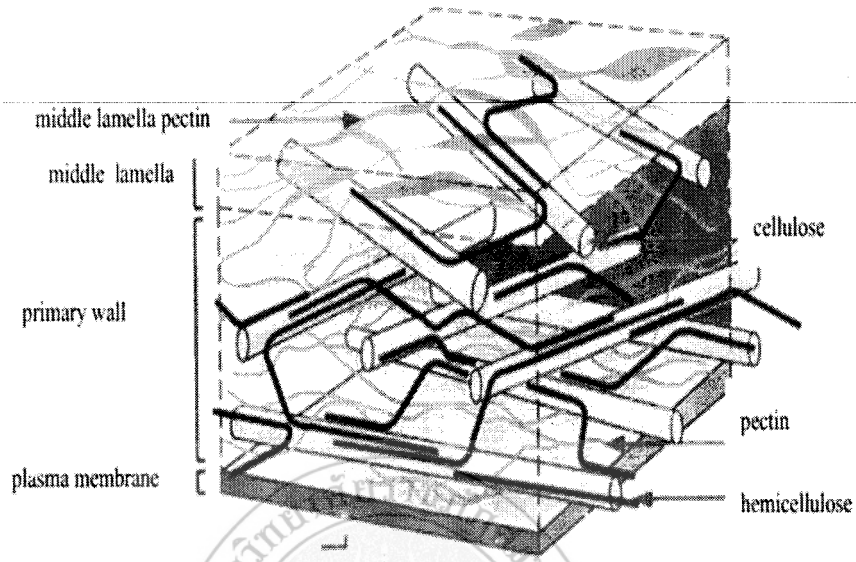
ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ผักตบชวา ผักตบชวาเป็นพืชน้ำล้มลุกประกอบด้วยลำต้นที่มีหัวราก (rhizomatous system) มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 5-6 เซนติเมตร และยาวประมาณ 30 เซนติเมตร ลำต้นมีสีม่วงแดง มีขนาดแตกต่างกัน ประกอบด้วยกลุ่มใบเรียงกันเป็นกลีบชั้น (rosettes) ก้านใบมีลักษณะกลมพองออกภายในมีเนื้อพรุนคล้ายฟองน้ำเป็นเครื่องพยุงให้ต้นลอยน้ำได้ผักตบชวามีระบบรากเป็นรากฝอย โดยแตกออกจากข้อบนลำต้นมีความยาวตั้งแต่ 10-90 เซนติเมตร มีไหลซึ่งเกิดตามซอกใบแล้วเจริญเป็นต้นอ่อนที่ปลายไหล ถ้าน้ำตื้นก็จะหยั่งรากลงดินและมีประสิทธิภาพสูงในการดูดซึมธาตุอาหารต่างๆ ที่ปะปนในน้ำส่วนดอกมีสีม่วงฟ้าลักษณะเป็นช่อดอกมีประมาณ 6-12 ดอก

ผักตบชวาจัดเป็นพืชน้ำที่เจริญเติบโตได้เร็วที่สุด โดยสามารถขยายพันธุ์ได้ทั้งแบบใช้เพศ (vegetative propagation) และแบบไม่ใช้เพศ (sexual reproduction) แต่โดยทั่วไปมักจะขยายพันธุ์โดยการแตกหน่อโดยสามารถเพิ่มการครอบคลุมพื้นที่ได้เป็น 2 เท่า ทุกระยะเวลา 62 วัน หรือเพิ่มจำนวนจาก 10 ต้น เป็น 6 แสนต้น ภายในเวลา 8 เดือน สำหรับการขยายพันธุ์ โดยใช้เพศจะผสมเกสรภายในตัวเอง (self pollination) แต่บางครั้งสามารถผสมข้ามต้นได้โดยจะเกิดเฉพาะในฤดูแล้งเท่านั้น

ผักตบชวาสามารถอยู่ได้ทุกสภาพน้ำทั้งในน้ำสกปรกและน้ำสะอาดเจริญเติบโตได้ดีที่ pH 4-10 และอุณหภูมิของน้ำไม่สูงกว่า 34 องศาเซลเซียสและในต้นพืชจะมีน้ำเฉลี่ยประมาณร้อยละ 95 ประกอบด้วยในใบร้อยละ 89 และในก้านใบร้อยละ 96 (จินตนา จุลอุล, 2550) ซึ่งในปัจจุบันพบว่ามีการแพร่กระจายของผักตบชวาอยู่ทั่วไปตามแหล่งน้ำต่างๆ ในหลายจังหวัดทั่วประเทศ ผักตบชวาเป็นพืชสามารถใช้เป็นประโยชน์หลายด้าน ด้านเกษตรสามารถนำมาทำปุ๋ยหมักโดยแทนสารเคมีได้ ด้านการบริโภคดอกอ่อนและก้านใบอ่อนกินเป็นผักลวกจิ้มน้ำพริกหรือทำแกงส้ม ด้านอาหารใช้เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ เช่น หมู ด้านสมุนไพร ใช้แก้พิษภายในร่างกาย และขับลม ใช้ทาหรือพอกแก้แผลอักเสบ ด้านเครื่องจักสานผักตบชวาใช้ในด้านกำจัดน้ำเสีย และยังสามารถใช้ทำกระดาษได้เป็นอย่างดี

2.3 องค์ประกอบของเปลือกส้มโอและผักตบชวา

เปลือกส้มโอจัดเป็นเปลือกมีสารสำคัญที่พบในเปลือกส้มโอทั้งส่วนสีเขียวและสีขาว ส่วนใหญ่จะเป็นสารกลุ่มของน้ำมันหอมระเหย และสารกลุ่ม flavonoids มีรายงานการวิจัยว่าสารสกัดเฮ็กเซนและสารสกัดเอทานอลของเปลือกส้มโอส่วนที่เป็นสีขาวมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย ที่มีคุณสมบัติทางเส้นใยสามารถใช้ในการผลิตกระดาษสาได้ เนื่องจากบริเวณเปลือกสีขาวมีเยื่อบางซึ่งมีสารเพคตินเป็นองค์ประกอบที่มีลักษณะคล้ายวุ้นและเป็นสารยึดติดเกาะ ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของเซลล์และเป็นสารที่สำคัญในบริเวณชั้น middle lamella ที่ยึดเหนี่ยวเซลล์เข้าด้วยกันดังภาพที่ 2.1

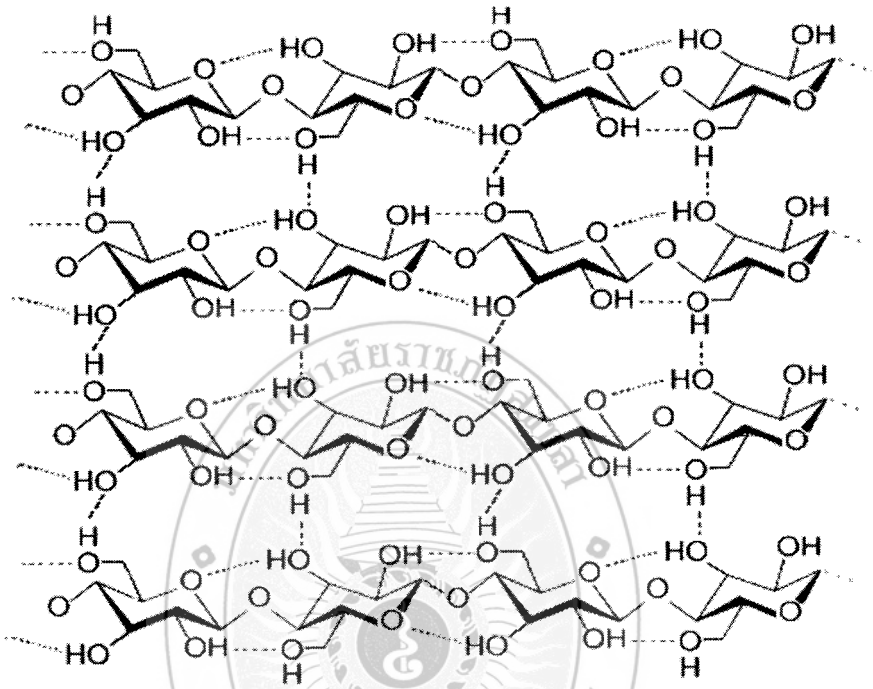


ภาพที่ 2.1 ชั้นของผนังเซลล์พืชและองค์ประกอบที่สำคัญในแต่ละชั้น
ที่มา: จินตนา จุลอุล, 2550 อ้างถึง International Pectin Producer s Association. (2001)

โดยมิดเดิลลาเมลลาจับกับเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และไกลโคโปรตีนของผนังเซลล์พืช โดยเฉพาะบริเวณที่มีเนื้อเยื่ออ่อนนุ่ม ละเอียด เมื่อนำมาผลิตเป็นกระดาษสาทำให้เส้นใยมีการยึดเกาะแน่น สามารถนำมาแปรสภาพโดยการบีบ ทุบ หรือตัดให้มีขนาดเล็ก เหมาะที่จะนำมาทำกระดาษสา (ฐิติมน สันติชัยรัตน์, 2555) จากเรื่องผลการวิจัยย่อยเรื่องที่ 2 อ้างถึง (Christensen, 1986) ซึ่งจะทำหน้าที่คล้ายซีเมนต์ช่วยยึดเซลล์ให้ติดกัน สามารถทำให้เยื่อกระดาษยึดเกาะกันได้ และสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมได้อย่างกว้างขวาง ซึ่งผู้ที่ตั้งชื่อและริเริ่มศึกษากรรมวิธีการสกัด เพคติน คือ Braconnot ในปี ค.ศ. 1825 (Nussinovitch,1997) เพคตินมาจากภาษากรีก แปลว่าตัวประสาน หรือตัวทำให้แข็ง (congeal or solidity) เพคติน (pectin) เป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติชนิดหนึ่ง ซึ่งเป็นโครงสร้างของผนังเซลล์ของพืชชั้นสูงเกือบทุกชนิด โดยเฉพาะในเปลือกพืชตระกูลส้มเพคตินเป็นตัวช่วยเสริมผนังเซลล์ให้มีความหนา แข็งแรง และยืดหยุ่นได้เล็กน้อย คำจำกัดความของเพคติน คือ กรดเพคตินิก (pectinic acid) ชนิดละลายน้ำได้ (ภาสวุฒิ ศิริทองถาวร และสมิทธิ์ เวชสุวรรณรักษ์, 2557)

ผักตบชวามีเซลล์ลูโลชเป็นองค์ประกอบหลักของเส้นใย ซึ่งเส้นใยผักตบชวาเป็นเส้นใยสั้นมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.80-1.20 มิลลิเมตรมีปริมาณเส้นใย 70% มีปริมาณเซลลูโลสมากที่สุดคือร้อยละ 44.71 ของน้ำหนักแห้ง และ 48.70 ของน้ำหนักเปียก รองลงมาคือส่วนที่ไม่ใช่เส้นใย

ปริมาณเฮมิเซลลูโลสและปริมาณลิกนินคือร้อยละ 37.39 14.85 และ 3.06 ของน้ำหนักแห้งตามลำดับ และร้อยละ 29.60 18.20 และ 3.50 ของน้ำหนักเปียกตามลำดับโดยมีโครงสร้างเซลล์ลูโลสทางเคมีดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างทางเคมีของเส้นใยเซลล์ลูโลส
ที่มา: บวร อิศรางกูร ณ อยุธยา และคณะ, (2555)

เซลลูโลสมีหมู่ไฮดรอกซิล ซึ่งสามารถเกิดการ absorption ที่พื้นผิวของซิลิก้าได้ภายใต้สภาวะไฮโดรเทอร์มอล เกิดแรงยึดเกาะกันที่โมเลกุลของหมู่ไฮดรอกซิลกับซิลิกอนจึงส่งผลให้เกิดการรับแรงอัดและแรงดึงของกระดาษได้ดีในระดับหนึ่งการรับแรง จะพบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากการยึดเกาะของหมู่ไฮดรอกซิลกับซิลิกอน จะยึดเกาะกันเป็นชั้นๆคล้ายกับโครงสร้างของผลึกเทอร์เบอร์โมไรท์อยู่แล้ว จึงทำให้การรับแรงใกล้เคียงกัน (บวร อิศรางกูร ณ อยุธยา, ปรีดา จันทวงษ์ และโยธิน อึ่งกูล, 2555) และมีความหนืดที่เป็นสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งของเซลลูโลส ทำให้มีสมบัติทางกายภาพดีขึ้นการดูดซับความชื้น เซลลูโลสส่วนใหญ่ จะมีการดูดซับ หรือการคายไอน้ำ หรือของเหลวอื่นๆในบรรยากาศรอบตัวของมันจนกระทั่งถึงจุดสมดุลโดยสมดุลของความชื้นของเซลลูโลสจะแปรเปลี่ยนไปตามความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศนั้น ปริมาณความชื้นของเซลลูโลสมีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพบางประการ เช่น เมื่อความชื้นสูงขึ้นค่าความแข็งแรงดึง (tensile strength) ก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นสามารถทำการแปรรูปเป็นกระดาษสำหรับผลิตบรรจุภัณฑ์ เช่น กระดาษเหนียวชนิด

ที่ไม่ผ่านการฟอกขาวจะมีสีน้ำตาล มีความแข็งแรง ทนทานต่อแรงฉีกขาด แรงดึง และการหักพับได้ดี (กาญจนา ลือพงและคณะ, 2554)

ลิกนิน (Lignin) เป็นพอลิเมอร์ของสารฟีนิลโพรเพนที่จับตัวกันเป็นโครงร่างตาขายสามมิติมีสีน้ำตาลเข้าจนถึงสีดำลิกนินจะช่วยให้เส้นใยมีความแข็งและทำให้อ่อนตัวไว้ได้ยาก นอกจากนี้ลิกนินที่เกาะอยู่กับเส้นใยมีปริมาณมากเกินไปจะทำให้เส้นใยมีคุณภาพไม่ดี เซลลูโลส (Cellulose) เป็นพอลิเมอร์ของน้ำตาลประกอบด้วยกลูโคสเพียงชนิดเดียว เซลลูโลสจะพบได้เฉพาะในพืชเท่านั้น และจัดเป็นองค์ประกอบสำคัญของโครงสร้างของผนังเซลล์พืชผักตบชวา และเฮมิเซลลูโลส เป็นพอลิเมอร์ของน้ำตาลหลายชนิดผสมกัน เช่น กลูโคส แมนโนสไซโลสอะราบิโนส เฮมิเซลลูโลสมีสมบัติพิเศษที่สามารถถนอมน้ำและพองตัวได้ ซึ่งเป็นสมบัติที่สำคัญและมีความจำเป็นต่อการทำกระดาษ ซึ่งการที่ปริมาณองค์ประกอบของเส้นใยของผักตบชวาที่แตกต่างกันนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยทางสภาพแวดล้อม ช่วงเวลาที่แตกต่างกัน และสถานที่เก็บตัวอย่างผักตบชวา พืชจะมีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมนั้นจึงทำให้ผักตบชวาในแต่ละสถานที่มีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน

2.4 คุณสมบัติทั่วไปของกระดาษสา

กระดาษเป็นแผ่นวัสดุซึ่งมิได้มีเนื้อเดียวกัน และมีความสม่ำเสมอของเนื้อกระดาษไม่เท่ากันตลอดทั้งแผ่น ทั้งนี้เพราะโครงสร้างของกระดาษประกอบขึ้นจากการสานตัวของเส้นใยและมีสารเติมแต่งช่องระหว่างเส้นใยลักษณะทางโครงสร้างของกระดาษ จึงเป็นตัวบ่งชี้การจัดเรียงตัวขององค์ประกอบต่างๆ ภายในเนื้อกระดาษ การกระจายตัวของเส้นใย ทิศทางการเรียงตัวในแนวขนานเครื่องของเส้นใย ซึ่งจะมีผลต่อสมบัติอื่นๆ ของกระดาษด้วย เช่น

2.4.1 สมบัติทางโครงสร้างของกระดาษ

1) น้ำหนักมาตรฐาน หมายถึงน้ำหนักของกระดาษต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่เก็บในสภาวะอุณหภูมิ และได้มีการควบคุมตามมาตรฐานกำหนดน้ำหนักมาตรฐานของกระดาษจะเป็นประโยชน์ในด้านการควบคุมการผลิตกระดาษ จะเป็นกรัมต่อตารางเมตร ตามระบบสากลทั่วไปในปัจจุบันมาตรฐาน ISO และ TAPPI ซึ่งเป็นมาตรฐานในการทดสอบกระดาษ ให้ใช้คำว่า แกรมเมจ (grammage) แทนน้ำหนักมาตรฐาน น้ำหนักมาตรฐานของกระดาษนอกจากจะใช้เกณฑ์ในการซื้อขายกระดาษแล้ว ยังสามารถเปรียบเทียบสมบัติอื่นๆ ของกระดาษได้ด้วย เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกระดาษ ประเภทเดียวกันที่ผ่านกระบวนการผลิตด้วยสภาวะต่างๆ เหมือนกัน กระดาษที่มีน้ำหนักมาตรฐานมากว่าจะมีความแข็งแรง ความหนา และความทึบแสงมากกว่ากระดาษที่มีน้ำหนักมาตรฐานต่ำกว่า

2) ความหนา หมายถึง ระยะห่างที่ตั้งฉากระหว่างผิวด้านบนและผิวด้านล่างของกระดาษภายใต้สภาพวะทดสอบที่กำหนด หน่วยที่ใช้ในสหรัฐอเมริกาจะระบุเป็นนิ้ว (inches) หรือมิล (mil) ในระบบ SI จะวัดเป็นหน่วยไมโครเมต (micrometer) แต่ส่วนใหญ่จะวัดเป็นมิลลิเมตร (millimeter) ความหนาของกระดาษจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับน้ำหนักมารตฐาน แรงกดของลูกขณะเดินแผ่น การบดเยื่อและชนิดของเยื่อและชนิดของเยื่อที่ใช้ความหนาแน่นปกติได้จากความสัมพันธ์ระหว่างมวลต่อปริมาตร สำหรับในวงการกระดาษจะหาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาและน้ำหนักมาตรฐานได้เป็นความหนาแน่นเสมือน (apparent density) ซึ่งจะเป็นการเทียบหาความหนาแน่นของกระดาษที่ระดับมาตรฐานเดียวกัน อาจมีความหนาไม่เท่ากัน ซึ่งสามารถหาได้ดังนี้

น้ำหนักมาตรฐาน	49	กรัมต่อตารางเมตร
ความหนา	0.085	มิลลิกรัม หรือ 8.5×10^{5} เมตร
ความหนาแน่นเสมือนหรือเท่ากับ $49/(8.5 \times 10^{5})$		กรัมต่อลูกบาศก์เมตร
หรือ 576,470.58	กรัมต่อลูกบาศก์เมตร	

หน่วยความหนาแน่นเสมือนที่นิยมใช้ในระบบ SI เป็นกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ดังนั้นความหนาแน่นเสมือนที่ได้ของกระดาษชนิดนี้จะเป็น 576 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรฉะนั้น กระดาษที่มีน้ำหนักเท่ากัน แต่มีความหนาของกระดาษต่างกัน กระดาษที่มีความหนามากจะให้ค่าความหนาแน่นเสมือนน้อย ความหนาของกระดาษทีความสำคัญเพราะเครื่องพิมพ์ในแต่ละระบบการพิมพ์ หรือเครื่องพิมพ์ในระบบการพิมพ์ได้มนทุกความหนา การพิมพ์กระดาษที่มีความหนาต่างกันต้องมีการปรับตั้งส่วนต่างๆ ของเครื่องพิมพ์แตกต่างกัน เพื่อให้สภาพการเดินกระดาษคล่องบนเครื่องพิมพ์มากที่สุด

3) ความสม่ำเสมอของเนื้อกระดาษ หมายถึง ความแตกต่างของปริมาณส้นใยที่เกี่ยวประสานหรือเกิดพันธะเคมีต่อกัน ในแต่ละบริเวณของกระดาษ นับว่าเป็นสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งสำหรับกระดาษพิมพ์ เมื่อนำกระดาษเนื้อไม่สม่ำเสมอกัน (wild formation) ไปพิมพ์ที่มีคุณภาพไม่ดี ความไม่สม่ำเสมอกันของเนื้อกระดาษเกิดขึ้นจากวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตกระดาษ เช่น เส้นใย สารเติมแต่งต่างๆที่นำมาผสมกันมีความแตกต่างกันในขนาด รูปร่าง ความหนาแน่น ดัชนีหักเหของแสงและองค์ประกอบทางเคมีนอกจากนี้ยังขึ้นกับขั้นตอนการผสมและการเดินแผ่น ซึ่งล้วนแต่มีผลต่อการกระจายตัวและจับตัวของสารผสมเหล่านี้ทั้งสิ้น

การตรวจสอบความสม่ำเสมอของเนื้อกระดาษสามารถทำได้ โดยการยกขึ้นส่องกับแสงสว่าง ถ้ากระดาษมีความสม่ำเสมอต่ำ (poor formation) จะเห็นการกระจายตัวของเนื้อกระดาษไม่เสมอกันปรากฏภาพเป็นดวงๆ เป็นทางๆ เป็นฝ้านม หรือมองดูคล้ายก้อนเมฆ ความสม่ำเสมอของกระดาษมีผลต่อสมบัติของกระดาษทั้งทางเชิงกลและแสง ในเชิงปริมาณจะนิยามความสม่ำเสมอของ

เนื้อกระดาษว่าเป็นสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของน้ำหนักมาตรฐานของกระดาษพื้นที่ขนาดจิ๋ว (100 ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน / น้ำหนักมาตรฐานเฉลี่ย) ปัจจุบันยังไม่มีวิธีวัดที่กำหนดเป็นมาตรฐาน การเพิ่มความสม่ำเสมอในการกระจายตัวของเส้นใยในกระดาษให้ดีขึ้นอาจทำได้หลายวิธีเช่น ใช้เยื่อใยสั้นมาผสมทำเป็นกระดาษในปริมาณมากขึ้น เพิ่มปริมาณการบดเยื่อให้มากขึ้น ลดความเร็วของวายพายตะแกรงแยกน้ำ เป็นต้น

4) ทิศทางของเส้นใย หมายถึง แนวหรือทิศทางการเรียงตัวของเส้นใยเซลลูโลสในกระดาษ โดยถ้าพิจารณาจากการเกิดเป็นแผ่นกระดาษของน้ำเยื่อบนกระดาษจะพบว่า เส้นใยเซลลูโลสส่วนมากมีการเรียงตัวไปในทิศทางการไหลและการเคลื่อนที่ของตะแกรงบนเครื่องผลิตกระดาษ ดังนั้น แนวการเรียงตัวของเส้นใย หรือแนวเส้นใยของกระดาษจึงอยู่ใน แนวขนานเครื่อง (machine direction; MD) หรือแนวเกรน (grain direction) มากกว่าส่วนแนวของกระดาษที่ตั้งฉากกับแนวขนานเครื่องเรียก แนวขวางเครื่อง (Cross Direction) หรือแนวขวางเกรน (Cross grain Direction) เนื่องจากการเรียงตัวของเส้นใยในกระดาษทั้งสองแนวมีความแตกต่างกัน จึงมีผลสมบัติของกระดาษทั้งสองแนวแตกต่างกันด้วย

จากการที่ทิศทางของเส้นใยเรียงตัว ในแนวขนานเครื่องมากกว่าแนวขวางเครื่องทำให้สมบัติทางเชิงกลของกระดาษทั้งสองแนวแตกต่างกัน (paper anisotropy) การตรวจสอบแนวเกรนของกระดาษมีความสำคัญมากในขั้นตอนการนำกระดาษไปแปรรูป ยกตัวอย่าง เช่น การหักพับเซาะร่อง สามารถทำได้ง่ายในแนวขนานเครื่อง และค่าความทรงรูปในแนวขนานเครื่องที่สูงกว่า มีประโยชน์ในการออกแบบแฟ้ม หรือบรรจุภัณฑ์ต่างๆ ในการตรวจสอบแนวเกรนของกระดาษ อาจทำได้โดยวิธีง่ายๆ ดังนี้

4.1) การตรวจสอบการโค้งงอ ตัดกระดาษเป็นแผ่นสี่เหลี่ยม ขนาด 2×2 ตารางนิ้ว แล้วใช้น้ำทาเพียงด้านเดียว กระดาษจะงอตามแนวขวางเครื่อง

4.2) การตรวจสอบโดยการฉีกกระดาษ ถ้าเป็นแนวขนาดเครื่องจะฉีกได้ง่ายกว่าและแนวตรงกว่าการฉีกในแนวขวางเครื่อง

4.3) การตรวจสอบโดยการพับกระดาษ ถ้าเป็นในแนวขนานเครื่องร้อยพับจะเรียกว่าแนวขวางเครื่องสำหรับแนวขวางเครื่องนั้นเมื่อพับแล้วจะเป็นรอยแตกหักและไม่เรียง ถ้าเป็นกระดาษแข็งสามารถสังเกตเห็นรอยแตกหักได้ชัดเจน

4.4) การตรวจสอบโดยการดูความทรงรูป โดยการตัดกระดาษให้มีความกว้างและความยาวเท่ากันปล่อยให้กระดาษโค้งงอโดยน้ำหนักตัวเองหรือแรงจากภายนอกเท่ากันมากระทำพบว่าถ้าเป็นแนวขวางเครื่องจะโค้งงอได้มากกว่าแนวขนานเครื่อง

4.5) ความแตกต่างของผิวกระดาษสองด้านของผิวกระดาษที่กล่าวถึงด้านตะแกรง (wire side; WS) และด้านสักหลาด (felt side; FS) ด้านตะแกรนหมายถึง ด้านที่อยู่ตรงข้ามกับด้านตะแกรงหรือเป็นด้านสักหลาด (Felt side; FS) ด้านตะแกรง หมายถึง ด้านที่อยู่ตรงข้ามกับด้านตะแกรงหรือเป็นด้านบนเวลาทำกระดาษ ที่จริงแล้วควร เรียกว่า ด้านบน (top side) มากกว่า ในส่วนตะแกรงลวดเดินแผ่นจะมี การสั่นสะเทือนของเครื่องเพื่อไม่ให้เส้นใยจับกลุ่มกันและในส่วนตะแกรงลวดเดินแผ่นนี้ น้ำเยื่อจะเริ่มก่อตัวเป็นแผ่นด้วยกระบวนการกรองและมีการแยกน้ำออก ซึ่งในการแยกน้ำออกจะมีอุปกรณ์ลมดูดต่างๆ ซึ่งจะดูดเอาส่วนเยื่อละเอียด หรือสารเติมแต่งต่างๆ หลุดไปพร้อมกับน้ำด้วย เมื่อมองในทิศทางของ Z (Z-direction) หรือภาคตัดขวางของกระดาษทั้งแผ่นจะเห็นว่าผิวกระดาษทั้งสองด้านมีองค์ประกอบต่างๆ แตกต่างกัน คือ ด้านบนหรือด้านสักหลาดจะมีส่วนของเยื่อละเอียด (fine) และส่วนที่ไม่ใช้เส้นใยอยู่มากในขณะที่ด้านล่างหรือด้านตะแกรนจะมีส่วนที่เป็นเส้นใย และมีการจัดเรียงตัวตามแนวเกรนของเครื่องมากกว่า ทั้งนี้เนื่องจากด้านตะแกรนนั้นส่วนของเยื่อละเอียดและอนุภาคของสารเติมแต่งต่างๆ สามารถรอดผ่านตะแกรงไปได้ผิวกระดาษด้านตะแกรนจะหยาบกว่าด้านสักหลาดความแตกต่างของผิวกระดาษทั้งสองด้านจะมีผลต่อความเรียบการดูดซึมน้ำและน้ำมันโดยเฉพาะในด้านการพิมพ์ ความแตกต่างของผิวกระดาษโดยมีการผลิตตะแกรงที่มีความผลิตกระดาษปัจจุบันจะพยายามปรับตัวความแตกต่างของผิวกระดาษโดยมีการผลิตตะแกรงที่มีเรียบสูงขึ้นวิธีตรวจสอบผิวกระดาษว่า เป็นด้านตะแกรงหรือด้านสักหลาด สามารถทำได้ 2 วิธี ดังนี้

ก. การสังเกตว่าด้านไหนที่แสดงรอยรุแกรงจะเป็นด้านตะแกรง

ข. การตรวจสอบโดยการฉีกขาดที่มุม และสังเกตรอยฉีกขาด โดยคว่ำกระดาษให้ด้านหนึ่งขนานกับพื้นแล้วฉีกที่มุม ถ้าร้อยฉีกบริเวณมุมเป็นแนวกว้างของการลอกออกของเส้นใยมากแสดงว่าเป็นด้านตะแกรง เพื่อให้แน่ใจลองพลิกกระดาษในด้านตรงข้าม แล้วฉีกที่มุมเทียบรอยฉีกที่ได้จากสมบัติของกระดาษตอนที่ 1 เราได้กล่าวถึง สมบัติทางโครงสร้างของกระดาษ (Structural Properties) จากนี้เราจะมากล่าวถึงสมบัติทางเชิงกลของกระดาษ (Mechanical Properties)

2.4.2. สมบัติทางเชิงกลของกระดาษ (Mechanical properties) สมบัติเชิงกลของกระดาษเป็นตัวบ่งชี้ถึงศักยภาพในการใช้งานของกระดาษ หมายถึง การที่กระดาษมีความทนทานต่อการใช้งาน (durability) และความสามารถในการต้านทานแรงที่มากระทำในลักษณะต่างๆ เช่น แรงดึง แรงเฉือน แรงบิด และแรงที่ทำให้กระดาษโค้งงอ ซึ่งแรงเหล่านี้เกิดขึ้นในหลายขั้นตอนตั้งแต่การผลิตกระดาษ การแปรรูปจนถึงการใช้งาน กระดาษจะตอบสนองแรงที่มากระทำเหล่านี้ได้มากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของกระดาษ ซึ่งสามารถวัดออกมาได้ในรูปของสมบัติเชิงกลได้ ดังนั้นในการเลือกกระดาษเพื่อนำไปใช้งานจะต้องคำนึงถึงสมบัติทางเชิงกลของกระดาษด้วย

1) ความแข็งแรงต่อแรงดึง (tensile strength) คือความแข็งแรงต่อแรงเค้นที่กระทำต่อกระดาษในแนวยาว (tensile stress) ความแข็งแรงต่อแรงดึงของกระดาษเป็นสมบัติที่สำคัญของกระดาษในระบบการพิมพ์ป้อนม้วนมากกว่ากระดาษในระบบการพิมพ์แบบป้อนแผ่น เนื่องจากการพิมพ์ในระบบป้อนม้วนกระดาษต้องได้รับแรงดึงตึงตลอดเวลา หากกระดาษที่ใช้มีความแข็งแรงต่อแรงดึงน้อยอาจทำให้เกิดการขาดของกระดาษในระหว่างการพิมพ์ได้นอกจากนี้กระดาษที่ต้องนำไปขึ้นรูปเป็นบรรจุภัณฑ์ต่างๆ ก็จำเป็นต้องมีความแข็งแรงต่อแรงดึงด้วย เนื่องจากในกระบวนการขึ้นรูปอาจมีแรงดึงกระทำต่อกระดาษไม่มากก็น้อยกระดาษในแนวขนานเครื่องมีความแข็งแรงต่อแรงดึงมากกว่ากระดาษในแนวขวางเครื่อง

ส่วนปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรงดึงของกระดาษได้แก่ ชนิดของเยื่อ ปริมาณการบดเยื่อ ปริมาณการกดรีดน้ำน้ำหนักมาตรฐานของกระดาษ ปริมาณของตัวเติม และปริมาณความชื้นในกระดาษ กระดาษที่ทำจากเยื่อใยยาวและผ่านการบดเยื่อมากกว่ามีความแข็งแรงดึงของกระดาษมากกว่ากระดาษที่ทำจากเยื่อที่มีเส้นใยสั้นกว่าและผ่านการบดเยื่อมาน้อยกว่า เพราะเยื่อใยยาวและการบดเยื่อมากทำให้เส้นใยเซลลูโลสเกิดพันธะเคมีต่อกันได้มากขึ้น จึงมีความแข็งแรงดึงเพิ่มขึ้น การกดรัดน้ำก็มีส่วนทำให้ความแข็งแรงต่อแรงดึงเพิ่มขึ้นเช่นกัน ด้วยเหตุผลเดียวกับการใช้เยื่อใยยาวและการเพิ่มปริมาณการบดเยื่อ โดยทั่วไปกระดาษมีความแข็งแรงต่อแรงดึงเพิ่มขึ้นตามน้ำหนักมาตรฐานที่เพิ่มขึ้นด้วย ความแข็งแรงต่อแรงต่อแรงดึงของกระดาษมีน้อยลงเมื่อเพิ่มปริมาณตัวเติมให้กระดาษและปริมาณความชื้นในกระดาษมีมาก เพราะตัวเติมที่เติมเข้าไปมีผลทำให้เส้นใยเซลลูโลสเกิดพันธะเคมีระหว่างกันได้น้อยลง ส่วนน้ำทำให้พันธะเคมีระหว่างเส้นใยมีความแข็งแรงน้อยลง ทั้งสองปัจจัยจึงมีผลทำให้ความแข็งแรงต่อแรงดึงของกระดาษมีน้อยลง

2) ความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุ (bursting strength) หมายถึงความต้านทานต่อแรงที่กระทำกับพื้นที่ หนึ่งตารางเมตรของกระดาษในแนวตั้งฉากก่อนที่กระดาษจะเกิดการขาดทะลุ มีหน่วยเป็นกิโลปาสกาล (kPa) หรือ กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรหรือปอนด์ต่อตารางนิ้ว ความต้านแรงดันทะลุนี้มีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับความต้านแรงดึงในแนวขนานเครื่อง ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะการกระจายตัวของแรงที่มากระทำต่อชิ้นทดสอบอธิบายได้ดังนี้

จากการที่พื้นที่ทดสอบมีลักษณะเป็นวงกลม ในการทดสอบเมื่อเครื่องทดสอบทำงานแผ่นไดอะแฟรมจะถูกดันให้โป่งขึ้นจนทำให้กระดาษแตกทะลุ ก่อนที่กระดาษจะแตกออกกระดาษจะเกิดการยืดตัวออกไปในทุกทิศทุกทางแต่เนื่องจากกระดาษมีความยืดในแต่ละทิศทางไม่เท่ากัน ดังนั้นความสามารถในการรับแรงที่มากระทำจึงไม่เท่ากันทุกทิศทาง แนวรอยแตกของชิ้นทดสอบที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะตั้งฉากกับแนวขนานเครื่องของกระดาษ เพราะกระดาษมีการยืดตัวในแนวที่ต่ำกว่าแนวขวางเครื่อง ด้วยเหตุนี้จึงสามารถบอกได้ว่าแนวรอยแตกเป็นแนวเดียวกันกับแนวขนานเครื่องของกระดาษ ความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุของกระดาษที่ผลิตจากเยื่อใยมีมากกว่า

กระดาษที่ผลิตจากเยื่อใยสั้น การเพิ่มปริมาณการบดเยื่อและการเติมสารเพิ่มความแข็งแรงผิวทำให้กระดาษมีผลทำให้ความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุของกระดาษเพิ่มขึ้นด้วย ในขณะที่ตัวเติมทำให้ความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุของกระดาษเพิ่มขึ้นด้วย ในขณะที่ตัวเติมทำให้ความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุของกระดาษลดลง ความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุเป็นความแข็งแรงของกระดาษที่มีความสำคัญต่อการใช้งาน โดยเฉพาะสิ่งที่นำไปทำเป็นบรรจุภัณฑ์ประเภทต่างๆ

3) ความแข็งแรงต่อแรงฉีก (tearing strength) หมายถึง ความสามารถของกระดาษที่จะต้านแรงกระทำซึ่งจะทำให้ชิ้นทดสอบหนึ่งชิ้นขาดออกจากรอยฉีกนำเดิม หน่วยที่วัดได้เป็นมิลลินิวตัน (mN) หรือ กรัม (gram) กระดาษที่จำเป็นที่จะต้องตรวจสอบความต้านแรงฉีกขาด ได้แก่ กระดาษทำถุงกระดาษพิมพ์และเขียนหลักการในการตรวจสอบความแข็งแรงต่อแรงฉีกทำโดยใส่ชิ้นทดสอบที่มีขนาดตามมาตรฐานกำหนด ในระหว่างปากจับบนแทนเครื่องและบนลูกตุ้มซึ่งเคลื่อนที่ได้ ใช้ใบมีดตัดชิ้นทดสอบเป็นการฉีกนำยาวประมาณ 2 เซนติเมตร ทำการทดสอบโดยปล่อยให้ลูกตุ้มเคลื่อนที่ ชิ้นทดสอบจะฉีกขาด ความแข็งแรงต่อแรงฉีกนี้ขึ้นกับความยาวของเส้นใยเซลลูโลสเป็นสำคัญ โดยเส้นใยยาวมีความแข็งแรงฉีกมากกว่าเส้นใยสั้น การเพิ่มปริมาณการบดเยื่อก็มีผลทำให้ความแข็งแรงต่อแรงฉีดของกระดาษเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกันอย่างไรก็ตามหากบดเยื่อมากเกินไปจนทำให้เส้นใยมีขนาดสั้นลงมาก ความแข็งแรงต่อแรงฉีกของกระดาษก็จะลดน้อยลง แม้ว่าเส้นใยเซลลูโลสจะเกิดพันธะกันได้กันก็ตามทั้งนี้กระดาษในแนวขนานเครื่องมีความแข็งแรงต่อแรงฉีกน้อยกว่ากระดาษในแนวขวางเครื่อง

4) ความแข็งตึง (siffness) หมายถึง ความต้นทานของกระดาษต่อการโค้งที่เกิดจากน้ำหนักของตัวกระดาษเอง หรือแรงอื่นที่กระทำต่ำกระดาษนั้น ทั้งนี้กระดาษมีความแข็งแรงตึงมากกว่ากระดาษในแนวขวางเครื่อง ความแข็งตึงของกระดาษมีความสำคัญต่อการป้อนและรับกระดาษบนเครื่องพิมพ์ โดยปกติในการป้อนกระดาษเข้าพิมพ์มักป้อนกระดาษในแนวขนานเครื่องเข้าพิมพ์โดยให้มีทิศทางเดียวกับทิศทางการเดินแผ่นของเครื่องพิมพ์ เนื่องจากกระดาษในแนวขนานเรื่องมีความแข็งตึงมากกว่า ทำให้สภาพการเดินกระดาษคล่องดีกว่ากระดาษในแนวขวางเครื่องการเพิ่มความแข็งตึงของกระดาษทำได้โดยเพิ่มปริมาณการบดเยื่อ แต่การบดเยื่อมากเกินไปมีผลทำให้ความแข็งตึงของกระดาษลดลงเนื่องจากทำให้เส้นใยมีความยาวน้อยลง ความแข็งตึงของกระดาษลดลงตามปริมาณของตัวเติมที่เติมให้กระดาษ ปริมาณความชื้นในกระดาษ และปริมาณการรีดกระดาษที่เพิ่มขึ้น

5) ความแข็งแรงต่อการพับ (fold strength) หมายถึงการพับไปพับมา (double folds) ของชิ้นทดสอบจนกระทั่งชิ้นทดสอบขาดออกจากกันภายใต้แรงที่กำหนด หน่วยที่ใช้เป็นจำนวนครั้ง หรือ log 10 ค่าความทนทานต่อการพับขาดในแนวขนานเครื่องสูงกว่าแนวขวางเครื่อง ความทนต่อการพับขาดจะเป็นการวัดที่รวมความต้นแรงดึง การยืดตัว การแยกชั้นของกระดาษ และ

ความต้นทานแรงกด ซึ่งจะชี้ให้เห็นถึงอายุการใช้งานของกระดาษหลักการในการตรวจสอบความทนต่อการพับขาดจะทำโดยยึดปลายข้างหนึ่งของชิ้นทดสอบด้วยแรงคงทีส่วนปลายอีกข้างหนึ่งถูกจับด้วยปากจับแล้วพับไปมาด้วยความเร็วคงที่และองศาตามมาตรฐานกำหนด จนกระทั่งชิ้นทดสอบขาด

2.4.3 สมบัติด้านทัศนศาสตร์ของกระดาษ (Optical properties) สมบัติด้านทัศนศาสตร์หมายถึง สมบัติทางแสงของกระดาษที่ปรากฏแก่สายตา ได้แก่ ความขาวสว่าง (brightness) ความทึบแสง (opacity) ความมันวาว (gloss) สมบัติเหล่านี้ของกระดาษไม่สามารถวัดค่าออกมาโดยอาศัยหลักการทางฟิสิกส์อย่างเดียวได้แต่จะต้องประกอบด้วยหลักการทางจิตวิทยาร่วมด้วย ทั้งนี้เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพการมองเห็นของสายตามนุษย์ ซึ่งต้องอาศัยดวงตาในการสังเกตและสมองตัดสินการรับรู้ในการมองเห็นอีกครั้ง ดังนั้นในการวัดค่าเกี่ยวกับสมบัติทางด้านทัศนศาสตร์จึงต้องประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วนในการพิจารณา คือ แหล่งกำเนิดแสง กระดาษที่ถูกส่องสว่าง และดวงตามนุษย์หรือเครื่องวัดแสงที่ทำหน้าที่สังเกตการณ์และแปลผลของการสะท้อนแสงหรือการส่องผ่านของแสงที่กระทำต่อกระดาษ

1) ความขาวสว่าง (brightness) ในวงการอุตสาหกรรมกระดาษจะหมายถึงค่าการสะท้อนแสงของแสงสีน้ำเงินที่ช่วงคลื่น 457 นาโนเมตรเท่านั้น จุดประสงค์เดิมของการวัดความขาวสว่าง เพื่อต้องการดูผลของการฟอกเยื่อเป็นสำคัญ เยื่อกระดาษที่ยังไม่ได้ฟอกส่วนมากจะมีสีน้ำตาลเข้มจนถึงเหลืองอ่อน อันเนื่องจากเนินจะดูดซับแสงสีน้ำเงินไว้ ทำให้ค่าการสะท้อนแสงที่ได้ในช่วงแสงสีน้ำเงินมีค่าต่ำ แต่เมื่อนำเยื่อไปฟอกโดยการขจัดลิกนิน หรือ เปลี่ยนโครงสร้างแล้ว เยื่อฟอกขาวที่ได้จะให้ค่าการสะท้อนแสงสีน้ำเงินสูงขึ้นมาก

2) ความทึบแสง (opacity) ความทึบแสงของกระดาษ เป็นคุณสมบัติที่จำเป็นสำหรับกระดาษพิมพ์และเขียน กระดาษจะต้องทึบแสงพอที่จะบังภาพหรืออักษรที่อยู่ด้านหลังไม่ให้ปรากฏจนเกิดปัญหาในการอ่านและความชัดเจนของสิ่งที่พิมพ์ ความทึบแสงสามารถวัดได้โดยเปรียบเทียบค่าการสะท้อนแสงสีเขียวที่ช่วงคลื่น 557 นาโนเมตร ระหว่างกระดาษแผ่นเดียวที่รองหลังด้วยพื้นดำสนิท กับกระดาษที่วางซ่อนกันหนาจนแสงไม่ผ่านทะลุความทึบแสงและความสว่างต่างขึ้นกับปัจจัยสำคัญ 2 ประการ คือ การกระเจิงแสงและการดูดซับแสงกระดาษที่ใช้เยื่อที่มีความขาวสว่างสูงมาก อาจมีปัญหาด้านความทึบแสง เพราะเยื่อจะมีความทึบแสงน้อยลง การใช้ตัวเติมช่วยเพิ่มมากกระเจิงแสงในเนื้อกระดาษจะช่วยปรับปรุงความทึบแสงให้ดีขึ้นได้

3) ความมันวาว (gloss) เป็นสมบัติด้านทัศนศาสตร์อย่างหนึ่งของกระดาษเคลือบผิว โดยมุมสะท้อนเท่ากับมุมตกกระทบ สำหรับกระดาษนิยมให้เชิงมุม 75 องศากับเส้นปกติ ถ้าแสงที่สะท้อนในเชิงมุม (specular) ดังกล่าวมีมากกว่าแสงที่สะท้อนแบบทั่วไป (diffuse) ผิวกระดาษจะดูมันวาวมาก อย่างไรก็ตามกระดาษบางประเภทที่มีความมันวาวมาก เช่น กระดาษชุบไข

(waxed paper) อาจใช้มุมในการวัด เช่น 20 องศาความมันวาวของกระดาษกับความเรียบของผิวกระดาษ มิได้มีความสัมพันธ์กันเสมอไปความมันวาวเป็นความพอใจของผู้ใช้แค่ความจำเป็นต่อการใช้งานมากกว่า กระดาษอาร์ตด้าน (matt art) ซึ่งมีความมันวาวต่ำก็สามารถให้ผลงานพิมพ์คุณภาพสูงได้

4) ความขาว (whiteness) เป็นสมบัติที่แตกต่างจากความขาวสว่าง คนจะรู้สึกว่ากระดาษหรือวัสดุใดมีสีขาวกว่าอีกสิ่งหนึ่ง ถ้ากระดาษนั้นสะท้อนแสงในช่วงคลื่นที่ตามองเห็นออกมาสม่ำเสมอกว่าการย้อม (tinting) กระดาษขาวด้วยสีม่วงหรือสีน้ำเงินให้ดูขาวขึ้นก็เพราะแสงสีเหลืองและแสงสีแดงถูกดูดซับไว้มากขึ้น จึงถูกสะท้อนออกมาน้อยลง หากวัดค่าความขาวสว่างจะพบว่าลดลงเล็กน้อย เนื่องจากสีที่ใส่ลงไปในการะดาษจะถูกดูดกลืนแสงไว้ แต่สีน้ำเงินจะมีผลกระทบต่อค่าความขาวสว่างน้อยกว่าสีอื่นการใช้สารฟอกนวลในกระดาษ เป็นการช่วยให้กระดาษมีการสะท้อนแสงในช่วงคลื่นสีม่วงและสีน้ำเงินมากขึ้น กระดาษจึงดูขาวขึ้นเมื่อดูด้วยแสงแดด หรือแสงที่มีปริมาณรังสีอุลตราไว้โอเลตใกล้เคียงกับแสงธรรมชาติในเวลากลางวัน

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กาญจนา ลือพงษ์, นงนุช ศศิธรม, เกษม มานะรุ่งวิทย์ (2555) การเสริมแรงยางธรรมชาติด้วยเส้นใยผักตบชวา กระทำโดยการบดผสมยางธรรมชาติ (ทีทีอาร์ 20) ให้เข้ากับเส้นใยผักตบชวาซึ่งผ่านการบดละเอียดแล้ว พร้อมกับสารเคมีต่างๆ ที่จำเป็นในการทำสารประกอบยางโดยทำการศึกษาอธิพลของปริมาณ (5 และ10 phr) และขนาดของเส้นใยผักตบชวา (ละเอียด ปาน กลาง และหยาบ) ต่อสมบัติเชิงกล ความแข็งของชิ้นงานที่ใส่เส้นใย จะสูงกว่าชิ้นงานที่ไม่ได้ใส่เส้นใยผักตบชวา ซึ่งความแข็งจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณและขนาดของเส้นใยเพิ่มขึ้น แต่ค่าความต้านทานต่อแรงดึงจะต่ำลงเมื่อปริมาณและขนาดของเส้นใยเพิ่มขึ้น สำหรับ โมดูลัส (500) จะสูงขึ้น เมื่อปริมาณของขนาดเส้นใยเพิ่มขึ้น ส่วนค่าความต้านทานต่อการสึกหรอของชิ้นงานนั้นจะต่ำกว่าชิ้นงานที่ไม่ได้ใส่เส้นใยผักตบชวา ยิ่งปริมาณและขนาดของเส้นใยเพิ่มขึ้นค่าความต้านทานสึกหรอจะน้อยลง การใช้สารเชื่อประสารเพื่อเพิ่มแรงยึดเกาะระหว่างเส้นใยกับยางธรรมชาติจะช่วยเพิ่มสมบัติเชิงกลต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้น

ฐิติมน สนติชัยรัตน์ และคณะ (2012) จากการศึกษาคุณภาพของกระดาษจากเปลือกส้มโอ พบว่ากระดาษจากเปลือกส้มโอที่เคยมีผู้ผลิตมาแล้วนั้นเนื้อกระดาษไม่เรียบ จึงทำการทดลองโดยต้มเปลือกส้มโอกับโซดาไฟในเวลาต่างกันเพื่อเป็นการศึกษาความเรียบของกระดาษจากเปลือกส้มโอ ดังนี้คือ 120 นาที 150 นาทีและ 180 นาทีเพื่อนำมาเปรียบเทียบความเรียบของของกระดาษผลที่ได้คือกระดาษที่ได้จากการต้ม 120 นาที มีรูพรุนขนาดเล็กจำนวนมากจากการต้ม 150 นาทีมีรูพรุ่นทั้งขนาดใหญ่และเล็กจำนวนไม่มากนักและกระดาษที่ได้จากการต้ม 180 นาทีกระดาษมีรู

พรุนขนาดใหญ่เล็กน้อยและกระดาษที่ได้จากการต้มทั้ง 3 ช่วงเวลานี้มีลักษณะที่เหมือนกันคือ เนื้อกระดาษแข็งเปราะง่ายไม่สามารถนำไปใช้งาน

วุฒินันท์ คงทัด, ชัยพร สามพุ่มพวง และสาริมา สุนทรารชุน (2555) จากการศึกษาคุณสมบัติทางเชิงกลของกระดาษผักตบชวาผสมเยื่อสาที่ทำด้วยมือแบบไทยเพื่องานหัตถกรรม เยื่อผักตบชวาต่อเยื่อปอสาในอัตราส่วน 100:0 90:10 80:20 70:30 และ 0:100 ใช้กระดาษผักตบชวาจะมีความต้านแรงดึงที่ดีกว่ากระดาษฟางข้าว ถ้าผสมเยื่อปอสาที่เท่ากัน ความต้านทานแรงดันทะลุของกระดาษผักตบชวาที่มีส่วนผสมของเยื่อผักตบชวาต่อเยื่อปอสาในอัตราส่วน 70:30 จะมีความต้านแรงดันทะลุสูงสุดและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติกับกระดาษในอัตราส่วนอื่นๆ กระดาษที่ไม่ผสมเยื่อปอสาน้อยกว่าร้อยละ 10 จะมีความต้านแรงทะลุที่ต่ำ ดังนั้น การทำแผ่นกระดาษควรผสมเยื่อปอสาให้มากกว่าร้อยละ 10 จะได้กระดาษที่มีความต้านทานแรงดันทะลุที่ดีขึ้น ความต้านทานการหักพับของกระดาษที่มีส่วนผสมเยื่อผักตบชวาจะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติและมีความต้านทานการหักพับดีกว่ากระดาษสา โดยเฉพาะกระดาษที่มีส่วนผสมของเยื่อผักตบชวาต่อเยื่อปอสาในอัตราส่วน 70:30 วัดความต้านการหักพับได้ 118.44 ครั้ง ใกล้เคียงกับกระดาษที่มีส่วนผสมของเยื่อฟางข้าวต่อเยื่อปอสาในอัตราส่วน 30:70 ที่วัดได้ 122.27 ครั้ง แสดงว่าเยื่อใยสั้นที่ผสมกับเยื่อใยยาวจะช่วยในการยึดเกาะกันระหว่างเส้นใยสั้นดีกว่ากระดาษที่มีแต่เส้นใยยาวอย่างเดียว ผลการทดสอบคุณสมบัติทางเชิงกลของกระดาษผักตบชวาที่ผสมด้วยเยื่อปอสาในอัตราส่วนต่างๆ เมื่อพิจารณาในปัจจัยที่สำคัญของกระดาษที่จะต้องนำไปใช้งานหัตถกรรมซึ่งประกอบด้วยความต้านทานแรงฉีกขาด ความต้านทานแรงดึง ความต้านทานแรงดันทะลุ และความต้านทานแรงหักพับ เมื่อเปรียบเทียบกับกระดาษสาพบว่ากระดาษที่มีส่วนผสมของเยื่อผักตบชวาต่อเยื่อปอสาในอัตราส่วน 70:30 จะมีคุณสมบัติที่ดีกว่ากระดาษสามีเพียงคุณสมบัติความต้านทานแรงฉีกขาดเพียงปัจจัยเดียวที่ต่ำกว่ากระดาษสาเล็กน้อย ดังนั้นการผลิตกระดาษผักตบชวาควรใช้วิธีการผสมเยื่อใยยาวปอสาในอัตราส่วนเยื่อผักตบชวาต่อเยื่อปอสาในอัตราส่วน 70:30 จะได้กระดาษที่มีคุณสมบัติทางเชิงกลทางเชิงกลที่เหมาะสมต่อการใช้งานหัตถกรรม

จากการศึกษาคุณสมบัติทางเชิงกลของกระดาษผักตบชวาผสมเยื่อปอสาที่ทำด้วยมือแบบไทยในอัตราส่วน 100:0 90:10 80:20 70:30 และ 0:100 โดยเตรียมตัวอย่างและทดสอบคุณสมบัติของกระดาษตามวิธีมาตรฐานของ TAPPI ผลการศึกษากระดาษที่ผสมเยื่อผักตบชวาต่อเยื่อปอสาในอัตราส่วน 70:30 มีคุณสมบัติทางเชิงกลที่ดีสามารถใช้งานหัตถกรรมแทนกระดาษสาได้ คุณสมบัติทางเชิงกล ประกอบด้วย น้ำหนักมาตรฐาน 65±5 g/m^2 ความขาวสว่างร้อยละ 64.35 ความเรียบ 5.75 วินาทีความต้านทานแรงฉีกขาด 32.83 $mN.m^2/g$ ความต้านทานแรงดึง 23.91 N.m/g ความต้านทานแรงดันทะลุ 2.46 $kPa.m^2/g$ และความต้านทานแรงหักพับ118.44 ครั้ง

สมชาย บุญพิทักษ์, วรทัศน์ ศรีวิชัย (2551) ได้กำหนดวัตถุประสงค์ในการทำโครงการวิจัยไว้ 2 ข้อ คือ 1. เพื่อศึกษาและพัฒนาผักตบชวา สำหรับผลิตเป็นเฟอร์นิเจอร์ 2 เพื่อศึกษาและพัฒนาผักตบชวา สำหรับผลิตเป็นเฟอร์นิเจอร์ประเภทเก้าอี้พักผ่อน จากการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดแบ่งกระบวนการในการวิจัยไว้ 3 ตอน คือ ตอนที่ 1 การนำผักตบชวามาหาคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล ตอนที่ 2 กระบวนการผลิตหรือสานขึ้นรูปเฟอร์นิเจอร์ และตอนที่ 3 คือการนำเฟอร์นิเจอร์ที่ทำการถักสานขึ้นรูปแล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินผล ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มผช.๓๙/๒๕๔๖) ซึ่งมีผลการวิเคราะห์ดังนี้ 1) การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของผักตบชวา ผลการวิเคราะห์พบว่า การทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของผักตบชวา ที่มีขนาดความยาวที่ใช้ในการทดสอบ 0.80 1.20มม. จะได้ปริมาณความชื้น 8.44 % ได้การดูดซึมน้ำ 388 % ได้กำลังดึงประลัย 100 MPaได้การยืดตัว 24.36 % ได้ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น 255 MPaและได้กำลังในการยืดเหนี่ยว 0.22 MPaจากผลการทดสอบดังกล่าวจะเห็นได้ว่า คุณสมบัติของผักตบชวาสามารถที่จะนำมาผลิตเป็นเฟอร์นิเจอร์ได้ เนื่องจากเป็นพืชที่มีกำลังดึงกำลังการยืดเหนี่ยวและมีค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นสูง ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ดีในการทำเฟอร์นิเจอร์ประเภทถักสาน 2) การวิเคราะห์แบบประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มผช.๓๙/๒๕๔๖) ผลการประเมินพบว่า 2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะทั่วไปของเฟอร์นิเจอร์ที่ผลิตจากผักตบชวา พบว่าด้านความสวยงามของรูปร่าง รูปทรงสมมาตรกัน ได้ค่าเฉลี่ย 3.73 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.799 ระดับความคิดเห็นมากที่สุด และในส่วนของราไม่มีปรากฏให้เห็นอย่างเด่นชัด ได้ค่าเฉลี่ย 3.53 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.516 มีระดับความคิดเห็นมากที่สุด 2.2 ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะของเส้นผักตบชวา ที่ใช้ในการสานเฟอร์นิเจอร์พบว่า ด้านต้องมีขนาดของเส้นสม่ำเสมอ เหนียวนุ่มไม่เปราะ ขาดง่าย และไม่มีรอยจุดหรือด่างอย่างเด่นชัด ได้ค่าเฉลี่ย 3.60 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.737 มีระดับความคิดเห็นมากที่สุด 2.3 ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะการถักสานเฟอร์นิเจอร์ พบว่าด้านต้องคงทนเหมาะสมกับสภาพการใช้งาน ได้ค่าเฉลี่ย 3.33 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.488 มีระดับความคิดเห็นมาก 2.4 ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะลวดลายการสานเฟอร์นิเจอร์ พบว่าด้านต้องประณีต สวยงาม สม่ำเสมอ การเว้นระยะของลวดลายให้เป็นไปตามที่กำหนดและต้องไม่เห็นรอยต่อตลอดชิ้นงานอย่างเด่นชัด ได้ค่าเฉลี่ย 3.47 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.674 มีระดับความคิดเห็นมาก 2.5 ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะสีเฟอร์นิเจอร์ พบว่าด้านสีธรรมชาติ กรณีที่มีการย้อมสี เมื่อลูบผลิตภัณฑ์จากผักตบชวาแล้วสีไม่ติดมือ ได้ค่าเฉลี่ย 3.53 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.516 มีระดับความคิดเห็นมากที่สุด 2.6 ข้อมูลเกี่ยวกับการประกอบด้วยวัสดุอื่น พบว่าด้านต้องมีความประณีตและเหมาะสมกับชิ้นงาน ได้ค่าเฉลี่ย 3.60 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.73 มีระดับความคิดเห็นมาก 2.7 ข้อมูลเกี่ยวกับการเคลือบเงา พบว่าด้านความเงาต้องเรียบ มีความเงาสม่ำเสมอไม่เป็นเม็ด ไม่แข็งกระด้าง หรือหนาเกินไป ทำให้

ขาดความงามตามธรรมชาติ หรือทำให้เส้นผักตบชวา กรอบแตก และสีหลุดออก ได้ค่าเฉลี่ย 3.3 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.799 ระดับความคิดเห็นมาก

เจษฎา สุวรรณ (2536) อ้างถึง ฉลอง เอี่ยมอาทร (2533 ข : 56-60) จากการศึกษางานวิจัยการทำกระดาษจากผักตบชวาโดยใช้วิธีการและเครื่องมือชนิดเดียวกันที่ใช้ทำกระดาษสาด้วยมือทุกประการ พบว่าเยื่อของผักตบชวาเป็นเยื่อชนิดเส้นใยสั้นเล็ก และละเอียด กระดาษที่ได้มีลักษณะเนื้อแน่นกว่ากระดาษสาเล็กน้อยมีความเหนียวน้อยกว่ากระดาษสา สามารถนำไปใช้งานได้กว้างขวางพอๆ กับกระดาษสาแต่ปริมาณของเยื่อที่ได้จากผักตบชวาต่ำมากเพียงร้อยละ 10-20 เท่านั้น และได้เสนอแนวคิดว่าควรนำเอาเยื่อของผักตบชวาไปผสมกับเยื่อของสา โดยใช้อัตราส่วนเยื่อสา ต่อเยื่อผักตบชวาคิดเป็น 80 ต่อ 20 จะได้ชนิดกระดาษบางพิเศษเพราะเยื่อของผักตบชวาจะเข้าไปทำหน้าที่อุตรูพรุนต่างๆ ของเยื่อเส้นใยยาว, เช่น เยื่อสาจึงทำให้กระดาษมีเนื้อแน่น คุณภาพดีราคาแพง และเป็นการลดการใช้เยื่อสาลง หรือเป็นทางเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ของกระดาษจากเส้นใยธรรมชาติชนิดใหม่แก่นักออกแบบทั้งหลาย เพื่อนำไปประดิษฐ์เป็นสินค้าต่างๆ ได้อย่างน่าสนใจ

จากที่ได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการผลิตกระดาษสาข้างต้นพบว่า กระดาษสาเป็นกระดาษที่ได้มาจากพืชเส้นใยจากธรรมชาติเป็นส่วนใหญ่ โดยมุ่งเน้นหาอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการผลิตกระดาษสา เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดอัตราส่วนผลิตภัณฑ์จากเส้นใยธรรมชาติ ที่ประกอบด้วย การศึกษาและค้นหาข้อมูลด้วยวัตถุดิบ และการสำรวจกรรมวิธีการผลิต จากเส้นใยธรรมชาติที่สามารถผลิตกระดาษสาพบว่า เส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา ได้รับความสนใจในการนำเส้นใยมาผลิตกระดาษสา เนื่องจากเส้นใยเปลือกส้มโอมีสารเพคติน และในส่วนของเส้นใยผักตบชวามีเส้นใยมากถึง 70 เปอร์เซ็น มีเซลลูโลสมากที่สุด ผู้วิจัยจึงได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของคุณสมบัติของเส้นใยและรวมถึงผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม ดังนั้นผู้วิจัยได้เลือกเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวานำมาผลิตกระดาษสาเพื่อลดผลกระทบให้เกิดขึ้นน้อยลง ซึ่งเป็นเส้นใยสามารถทดแทนที่น่าสนใจเป็นอย่างมากในการพัฒนาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตกระดาษสาได้

บทที่3

วิธีดำเนินงานวิจัย

การทดลองครั้งนี้ทำการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมและคุณสมบัติของกระดาษเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวาในการกระจายเส้นใยต่อลักษณะทางกายภาพของกระดาษ เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการขึ้นรูปกระดาษ

3.1 ขอบเขตการวิจัย

การทดลองการพัฒนาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตกระดาษสาจากเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา เป็นงานวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการโดยการนำเปลือกส้มโอ ณ ตำบลเมาะมาวี อำเภอยะรัง จังหวัดปัตตานี ใช้ในส่วนของเปลือกสีขาว และผักตบชวา ณ ตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา ใช้ในส่วนของก้านมาผลิตเป็นกระดาษสา โดยกระบวนการผลิตใช้วิธีทางเคมีสารที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา คือ สารโซเดียมไฮดรอกไซด์ และสารตัวช่วย คือ น้ำ กับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และทำการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้น ซึ่งทำการทดลองมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

3.1.1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

1) เส้นใยเปลือกส้มโอโดยนำส่วนเปลือกสีขาว แล้วหันเป็นชิ้นเล็กๆ

2) เส้นใยผักตบชวาโดยการนำส่วนของก้านผักตบชวา แล้วหันยาวประมาณ 2 เซนติเมตร

3.1.2 พื้นที่ศึกษา

1) พื้นที่เก็บตัวอย่างเส้นใยผักตบชวาได้เก็บตัวอย่างจากมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา และเส้นใยเปลือกส้มโอได้รับความอนุเคราะห์จากชาวบ้านเมาะมาวี อำเภอยะรัง จังหวัดปัตตานี

2) พื้นที่วิจัยและทดสอบคุณสมบัติ ณ ศูนย์วิทยาศาสตร์ และศูนย์เทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

3.2 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี

3.2.1 วัสดุ

1) บีกเกอร์ขนาด (2,000 ml)

2) ตะแกรงมุ้งลวด

3) กะละมังอลูมิเนียม

4) แท่งแก้วคน

3.2.2 อุปกรณ์

1) ตู้อบความร้อน (Hot air oven) ยี่ห้อ Memmert รุ่น D-91126 Schwabach
2) เครื่องให้ความร้อน (Hot plate)
3) เครื่องปั้นผลไม้

3.2.3 สารเคมี

1) โซเดียมไฮดรอกไซด์
2) น้ำ

3.2.4 วัตถุดิบที่ใช้

1) เปลือกส้มโอ (เปลือกส้มโอสีขาว)
2) ผักตบชวา (ก้านผักตบชวา)

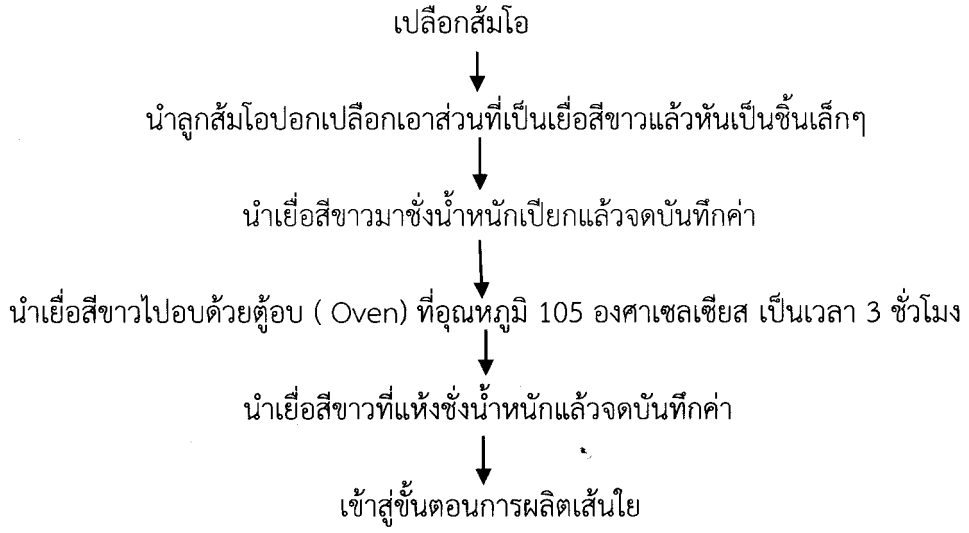
3.2.5 เครื่องวัดผลการทดลอง

1) เครื่องชั่งแบบละเอียด (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)
2) เครื่อง Tensile Machine
3) โถดูดความชื้น
4) เวอร์เนียร์

3.3 วิธีดำเนินการทดลอง

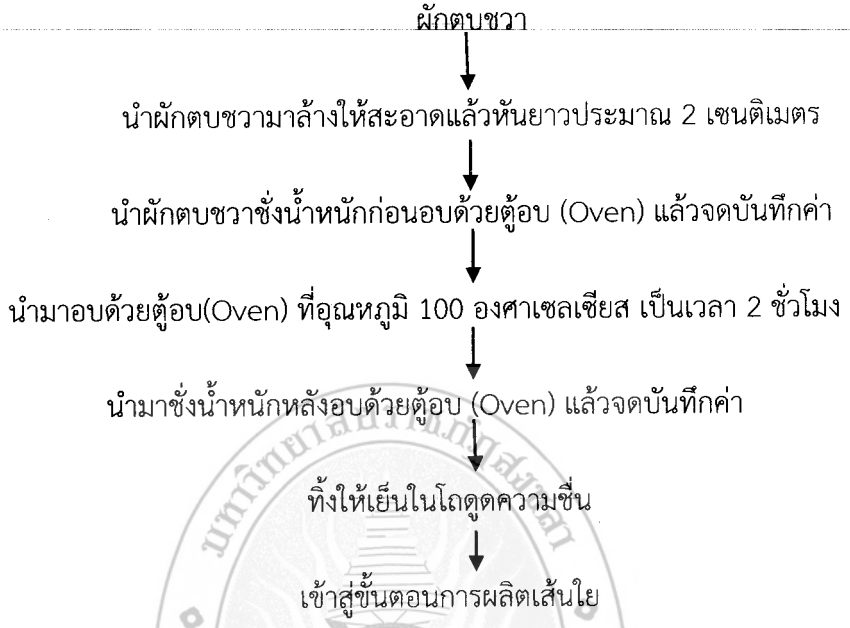
3.3.1 การเตรียมวัตถุดิบจากเส้นใยเปลือกส้มโอและเส้นใยผักตบชวา

1) เตรียมวัตถุดิบเปลือกส้มโอก่อนนำไปทดลองทำเป็นเส้นใยในการทำกระดาษสา สำหรับรายละเอียดแสดงไว้ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 แผนผังขั้นตอนเตรียมวัตถุดิบเปลือกส้มโอของการวิจัย

2) เตรียมวัตถุดิบผักตบชวาก่อนนำไปทดลองทำเป็นเส้นใยในการทำกระดาษสา สำหรับรายละเอียดแสดงไว้ดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 แผนผังขั้นตอนเตรียมวัตถุดิบผักตบชวาของการวิจัย

3.3.2 การเตรียมเส้นใยเปลือกส้มโอและเส้นใยผักตบชวา

1) นำเส้นใยเปลือกส้มโอหันเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้นออก จากนั้นทำการต้มเยื่อ

2) นำเส้นใยผักตบชวาหันยาวประมาณ 2 เซนติเมตร แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้นออก จากนั้นทำการต้มเยื่อ

3.3.3 การกำหนดอัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมในการผลิตกระดาษสาจากเส้นใยเปลือกส้มโอและเส้นใยผักตบชวา

การศึกษาเพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตกระดาษสาจากเส้นใยเปลือกส้มโอและเส้นใยผักตบชวาในอัตราส่วน 90:10 80:20 70:30 60:40 50:50 40:60 30:70 20:80 และ 10:90 ในการผลิตกระดาษสาด้วยเส้นใยเปลือกส้มโอผสมเส้นใยผักตบชวา ด้วยความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 10 กรัมต่อน้ำหนักแห้งและปริมาณน้ำ 1,000 มิลลิลิตร โดยจะใช้เวลาในการต้ม 3 ชั่วโมง อยู่ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เพื่อต้องการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมแล้วนำไปทดสอบหาคุณสมบัติดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนโดยเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวาต่อตัวทำละลาย

ลำดับที่	เส้นใยน้ำหนัก (กรัม)		ตัวทำละลาย	
	เปลือกส้มโอ	ผักตบชวา	น้ำ(มิลลิลิตร)	โซเดียมไฮดรอกไซด์ (กรัม)
1	10	90	1000	10
2	20	80	1000	10
3	30	70	1000	10
4	40	60	1000	10
5	50	50	1000	10
6	60	40	1000	10
7	70	30	1000	10
8	80	20	1000	10

3.3.4 ขั้นตอนการผลิตกระดาษสาจากเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา

1) นำเปลือกส้มโอและผักตบชวามาหั่นให้เป็นชิ้นเล็กๆแล้วนำไปต้มกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 10 กรัมโดยใช้บีกเกอร์ ขนาด 4,000 มิลลิลิตร ต้มด้วยเครื่อง Hot peat ปรับอุณหภูมิที่ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

2) นำเส้นใยเปลือกส้มและเส้นใยผักตบชวาที่เปื่อยมาล้างน้ำให้สะอาดจนหมดเมือกลื่นๆ จากโซเดียมไฮดรอกไซด์แล้วนำไปปั่นให้ละเอียดแล้วพักไว้เติมน้ำสะอาดในภาชนะ

3) วางตะแกรงเหนือผิวน้ำพอประมาณนำเยื่อกระดาษที่ได้มาร่อนในตะแกรงมุ้งลวดให้สม่ำเสมอแล้วนำตะแกรงมุ้งลวดที่มีเยื่อกระดาษมาผึ่งให้แห้งในตู้อบปรับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

4) เมื่อแห้งนำมาลอกออกจากตะแกรงมุ้งลวด

5) เมื่อได้กระดาษจากเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวาแล้ว นำมาตรวจสอบหาคุณสมบัติของกระดาษสา โดยจะทดสอบลักษณะทางกายภาพ

3.3.5 การทดสอบหาคุณสมบัติของกระดาษจากเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา

สำหรับการทดสอบหาคุณสมบัติของกระดาษสา โดยจะทดสอบลักษณะทางกายภาพของกระดาษสา เช่น น้ำหนักมาตรฐาน ความหนา ความหนาแน่น ความชื้น ปริมาตรจำเพาะความต้านทานแรงดึง และความต้านทานแรงฉีกขาด

1) สอบและวิเคราะห์ความเป็นไปได้ประสิทธิภาพของกระดาษสาจากเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา

การเตรียมและทดสอบคุณสมบัติของกระดาษสาจากเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวานำแผ่นกระดาษสาที่ผ่านการทดลองตามอัตราส่วนที่ได้กำหนด มาทดสอบหาคุณสมบัติของกระดาษสาตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์กระดาษชุมชน โดยนำแผ่นกระดาษสาที่ได้ไม่น้อยกว่า 10 แผ่นก่อนการหาค่าคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติความแข็งตัวกระดาษสาของแผ่นทดลองจะต้องนำมาเก็บไว้ในห้องควบคุมซึ่งมีอุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาทดสอบหาสมบัติของแผ่นกระดาษสา (น้ำหนักมาตรฐาน ความหนา ความหนาแน่น ความชื้น ปริมาตรจำเพาะแรงดึง และแรงฉีกขาด)

2) การศึกษาต้นทุนการผลิตกระดาษสาจากเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวาเบื้องต้น

การศึกษาต้นทุนในการผลิตกระดาษสาจากเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวาเบื้องต้นโดยจะพิจารณาจากค่าสารเคมี วัสดุ พลังงาน และต้นทุนรวม

3.4 วิธีการวิเคราะห์

1) นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ น้ำหนักมาตรฐาน ความชื้น ความหนา ความหนาแน่น ปริมาตรจำเพาะ ความต้านทานแรงดึง และความต้านทางฉีกขาด โดยใช้สูตร

2) นำข้อมูลมาเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์การะดาษชุมชน โดยการวิเคราะห์แบบ Univariate Analysis และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี One sample T-Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for windows version 11.5

ว
676.22
ท871ก

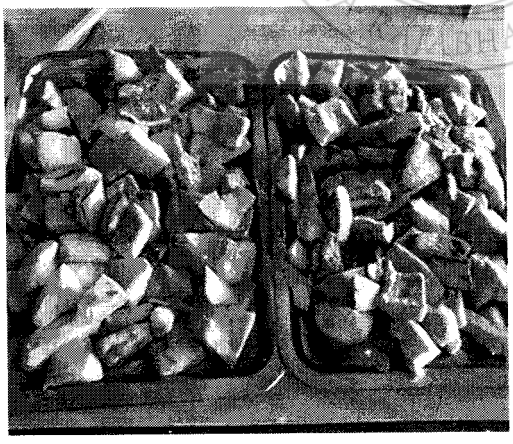
บทที่ 4

ผลและการอภิปรายผลการวิจัย

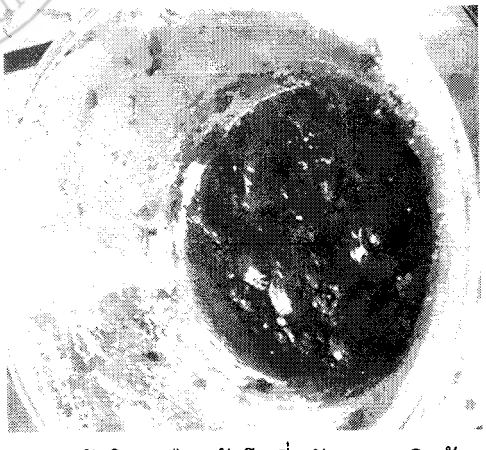
การดำเนินงานวิจัยการพัฒนาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตกระดาษสาจากเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา ในการพัฒนาอัตราส่วนที่ดีที่สุด คือ เส้นใยเปลือกส้มโอ:เส้นใยผักตบชวา 10:90 20:80 30:70 40:60 50:50 60:40 70:30 และ 80:20 โดยเปรียบเทียบคุณสมบัติลักษณะทางกายภาพของกระดาษ ได้แก่ น้ำหนักมาตรฐาน (Basis weight) ความหนา (Single sheet thickness) ความหนาแน่น (Apparent density) ปริมาตรจำเพาะ (Specific volume) ความชื้น ความต้านแรงฉีกขาด (Tearing resistance) และความต้านแรงดึง (Tensile break load) กับตัวอย่างที่ผลิตจากเส้นใยของพืช ซึ่งใช้ประเภทและอัตราส่วนที่ใช้ในการผลิตกระดาษสา นำข้อมูลวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS โดยใช้สถิติ One samples t-test ผลการศึกษาในแต่ละกลุ่มการทดลองมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 ลักษณะของเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา

โดยการนำเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวามาปรับสภาพผิวด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ในอัตราส่วนของเส้นใยกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่กำหนดดังตารางที่ 4.1 โดยใช้ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำเส้นใยที่ปรับสภาพผิวได้มาล้างทำความสะอาด ทำให้สภาพผิวเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวาเปลี่ยนแปลงไปดังแสดงในภาพที่ 4.1 และ 4.2



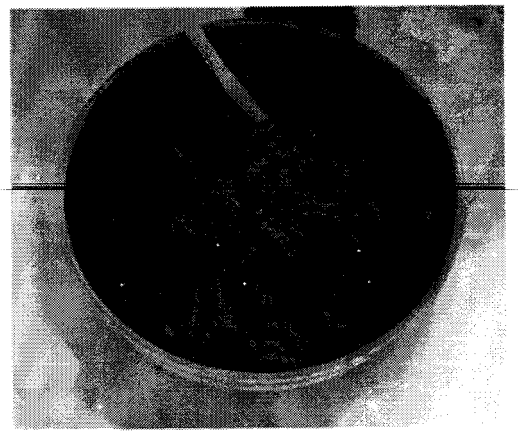
(ก) เส้นใยเปลือกส้มโอที่ไม่ปรับสภาพผิว



(ข) เส้นใยเปลือกส้มโอที่ปรับสภาพผิวด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์

ภาพที่ 4.1 ลักษณะของเส้นใยเปลือกส้มโอ

(ก) เส้นใยผักตบชวาที่ไม่ปรับสภาพผิว



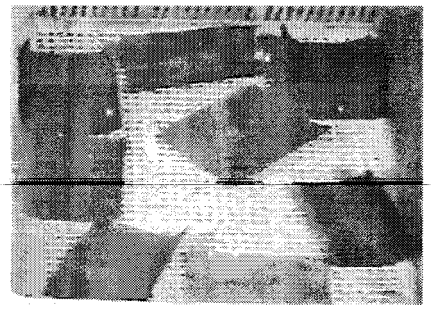
(ข) เส้นใยผักตบชวาที่ปรับสภาพผิวด้วยโซเดียวไฮดรอกไซด์

ภาพที่ 4.2 ลักษณะของเส้นใยผักตบชวา

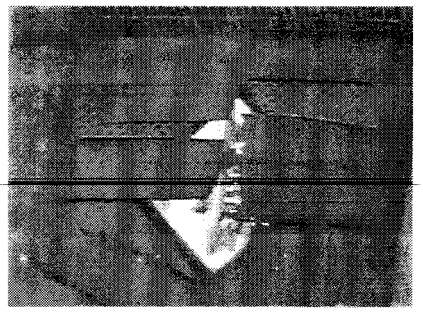
ผลจากการปรับสภาพผิวเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวาด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ จะเห็นได้ชัดเจนว่าเส้นใยเปลือกส้มโอที่ผ่านการปรับสภาพผิวด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์จะมีลักษณะเยื่อบาง มีความละเอียดคล้ายวุ้น และสีเป็นสีส้มปนน้ำตาล มีความละเอียดคล้ายวุ้น เส้นใยจากเปลือกส้มโอมีสารเพคตินเป็นองค์ประกอบที่มีลักษณะคล้ายวุ้นซึ่งเป็นสารยึดติดเกาะ ซึ่งผลวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของฐิติมน สันติชัยรัตน์ (2555) และในส่วนของเส้นใยผักตบชวาผลจากการปรับสภาพผิวเส้นใยผักตบชวา จะเห็นชัดเจนว่าเส้นใยผักตบชวาที่ผ่านการปรับสภาพผิวด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ จะมีลักษณะเส้นใยยาวแข็งแรงมีการแตกตัวเป็นเส้นใยเดี่ยวๆ ซึ่งผลวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของปาริชาติ วีระพันธุ์ (2551) ดังนั้นเส้นใยที่ปรับสภาพผิวโซเดียมไฮดรอกไซด์ได้ดีกว่าเส้นใยที่ไม่ผ่านการปรับสภาพผิวโซเดียมไฮดรอกไซด์

4.2 ลักษณะของกระดาษสาจากเปลือกส้มโอกับผักตบชวา

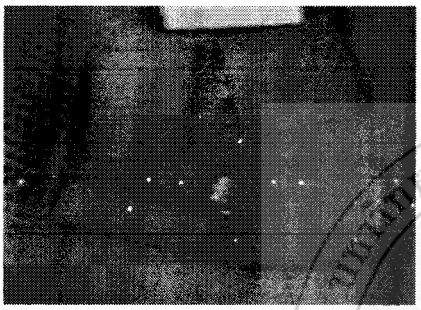
จากการขึ้นรูปแผ่นกระดาษสาจากเปลือกส้มโอกับผักตบชวาตามสภาวะเส้นใย โดยได้แปรสัดส่วนของเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวาในการพัฒนาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตกระดาษสา ที่สัดส่วนต่างๆ คือ 10:90 20:80 30:70 40:60 50:50 60:40 70:30 และ 20:80 โดยมีลักษณะชิ้นงานดังภาพที่ 4.3



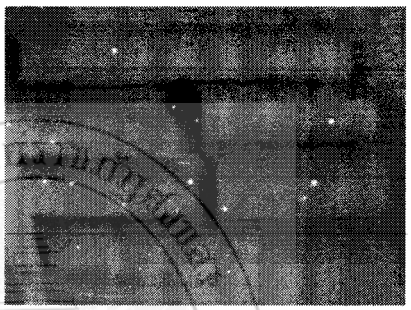
ก. อัตราส่วนเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา 10:90



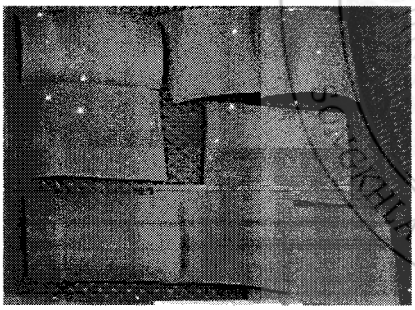
ข. อัตราส่วนเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา 20:80



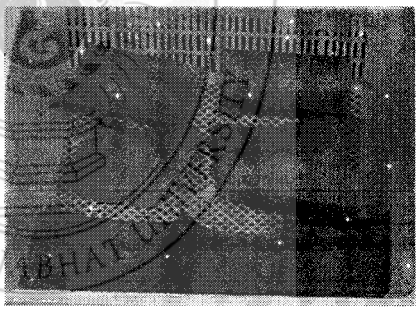
ค. อัตราส่วนเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา 30:70



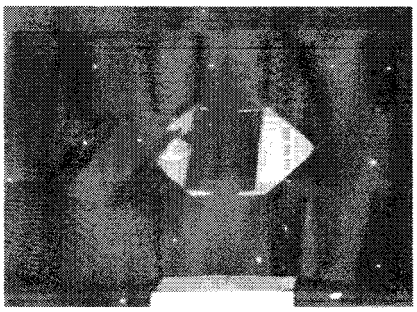
ง. อัตราส่วนเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา 40:60



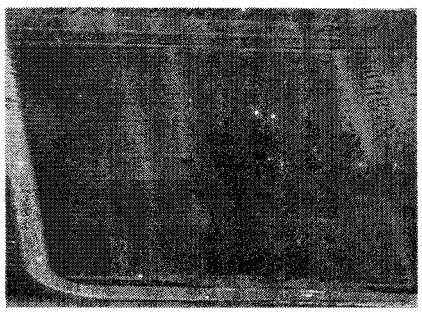
จ. อัตราส่วนเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา 50:50



ฉ. อัตราส่วนเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา 60:40



ช. อัตราส่วนเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา 70:30



ซ. อัตราส่วนเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา 80:20

ภาพที่ 4.3 ลักษณะของแผ่นกระดาษสา

จากการขึ้นรูปแผ่นกระดาษสาจากเปลือกส้มโอกับผักตบชวาตามสภาวะของเส้นใย จะได้ลักษณะชิ้นทดสอบนี้ ในอัตราส่วนเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา 10:90 และ 20: 80 จากภาพที่ 4.3 (ก. ข.) ชิ้นงานที่ได้มีลักษณะเป็นแผ่นสีน้ำตาลเข้ม เยื่อกระดาษเนื้อละเอียด แผ่นยึดติดกันดี ไม่มีรอยฉีกขาดและผิวเรียบสม่ำเสมอ แต่แผ่นกระดาษหนา เนื่องจากเส้นใยเปลือกส้มโอมีน้อยกว่าเส้นใยผักตบชวาถึง 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในแผ่นกระดาษสาทำให้การจับตัวและประสานยึดแน่นเป็นเนื้อเดียวกันระหว่างส้นใยเปลือกส้มโอต่อเส้นใยผักตบชวา อัตราส่วนเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา 70:30 60: 40 และ 50:50 จากภาพที่ 4.3 (ค. ง. จ.) ชิ้นงานที่ได้มีลักษณะเป็นแผ่นสีน้ำตาลอ่อน เยื่อกระดาษเนื้อละเอียด แผ่นยึดติดกันได้ดี ไม่มีรอยฉีกขาด ผิวหน้าเรียบสม่ำเสมอ เนื่องจากเส้นใยเปลือกส้มโอมีน้อยกว่าผักตบชวาประมาณ 30 40 และ50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในแผ่นกระดาษสาทำให้การจับตัวและประสานยึดแน่นเป็นเนื้อเดียวกันระหว่างเส้นใยเปลือกส้มโอต่อเส้นใยผักตบชวา และอัตราส่วนเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา 60:40 70:30 และ 80:20 จากภาพที่ 4.3 (ฉ. ช. ซ.) ชิ้นงานที่ได้มีลักษณะเป็นแผ่นสีน้ำตาลอ่อนมาก เยื่อกระดาษเนื้อไม่ละเอียด แผ่นยึดติดกันไม่ดี ขาดง่าย ผิวไม่เรียบ ไม่สม่ำเสมอ เนื้อกระดาษบางมากไม่แน่นมีรูพรุนและเป็นจุดสีดำเล็กๆแซ่งๆของเปลือกส้มโอ เนื่องจากเส้นใยเปลือกส้มโอมีมากกว่าเส้นใยผักตบชวาถึง 60 70 และ 80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในแผ่นกระดาษสาทำให้การกระจายตัวและการยึดติดของเส้นใยเปลือกส้มโอต่อเส้นใยผักตบชวาประสานได้ไม่ดี

4.3 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

จากการศึกษาแปรปริมาณสัดส่วนวัสดุเส้นใยเปลือกส้มโอต่อวัสดุเส้นใยผักตบชวาที่อัตราส่วน 10:90 20:80 30:70 40:60 50:50 60:40 70:30 และ 80:20 โดยน้ำหนักของเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา ตามลำดับ โดยการพิจารณาผลการทดสอบคุณสมบัติด้านกายภาพของแผ่นกระดาษสาเพื่อศึกษาว่าอัตราส่วนเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวาว่าอัตราส่วนใดที่มีประสิทธิภาพในการดูดซับได้ดีที่สุด

4.3.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติด้านกายภาพ

แผ่นตัวอย่าง (Handsheet) ของกระดาษสาที่ผลิตจากเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวาในอัตราส่วนที่ 10:90 20:80 30:70 40:60 50:50 60:40 70:30 และ 80:20 โดยทำการทดลอง 10 ซ้ำ โดยการพิจารณาผลจากคุณสมบัติด้านกายภาพในตารางที่ 4.1 เพื่อศึกษาว่าอัตราส่วนเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา อัตราส่วนใดที่มีประสิทธิภาพในการผลิกกระดาษสาได้ดีที่สุด

ตารางที่ 4.1 จะได้ผลการทดสอบที่แสดงคุณสมบัติด้านกายภาพของตัวอย่างที่ผลิตจากเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวาโดยจะใช้เป็นกลุ่ม เปรียบเทียบต่อไป

ร้อยละอัตราส่วนเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา	คุณสมบัติด้านกายภาพกระดาษสาเปลือกส้มโอกับผักตบชวา						
	น้ำหนักมาตรฐาน (g/m^2)	ความชื้น (%)	ความหนา (mm)	ความหนาแน่น (g/cm^2)	ปริมาตรจำเพาะ (cm^2/g)	ความต้านทานแรงดึง (N.m/g)	ความต้านแรงฉีกขาด ($m.Nm^2/g$)
10:90	91.14	8	0.21	0.43	2.33	31	9
20:80	86.49	8	0.20	0.44	2.27	31	9
30:70	75.33	7	0.19	0.42	2.37	32	9
40:60	63.03	6	0.17	0.37	2.68	36	11
50:50	66.00	5	0.16	0.41	2.41	33	11
60:40	71.85	6	0.15	0.48	2.09	21	8
70:30	80.80	7	0.14	0.59	1.71	14	6
80:20	84.14	7	0.12	0.71	1.40	10	5

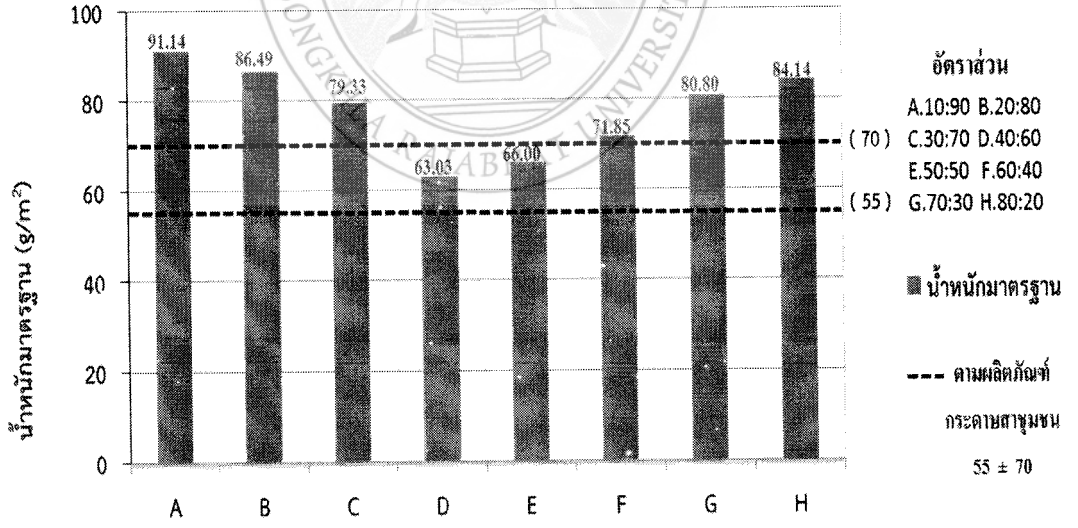
4.3.1.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติน้ำหนักมาตรฐาน

จากผลการทดสอบน้ำหนักมาตรฐานของแผ่นกระดาษสาจากเปลือกส้มโอกับผักตบชวา ตามผลิตภัณฑ์กระดาษสา โดยการนำชิ้นทดสอบชั่งน้ำหนัก ด้วยเครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง ตัวอย่างละ 10 ซ้ำ ได้ข้อมูลดังภาพที่ 4.4 จากการน้ำชิ้นทดสอบชั่งน้ำหนัก 10 ซ้ำ ปรากฏว่าอัตราส่วนจากเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวาที่ 10:90 20:80 และ 30:70 เกินเกณฑ์ผลิตภัณฑ์กระดาษสาชุมชนและอัตราส่วนจากเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวาที่ 40:60 และ 50:50 ผ่านเกณฑ์ผลิตภัณฑ์กระดาษสาชุมชนจะเห็นได้ว่าน้ำหนักมาตรฐานมีความสัมพันธ์โดยตรงกับอัตราส่วนของเส้นใยเปลือกส้มโอและเส้นใยผักตบชวาโดยที่อัตราส่วนของเปลือกส้มโอเพิ่มขึ้นและผักตบชวาที่ลดลง ส่งผลทำให้น้ำหนักมาตรฐานมีแนวโน้มลดลง ซึ่งคาดว่าอาจเกิดจากชิ้นทดสอบมีปริมาณเปลือกส้มโอที่น้อยลงตามลำดับ ทำให้เส้นใยผักตบชวาเข้าไปเคลือบที่ผิวของเส้นใยเปลือกส้มโอได้อย่างทั่วถึง และก่อให้เกิดช่องว่างภายในของแผ่นกระดาษเพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้อนุภาคของน้ำหนักสามารถเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ในขณะที่อัตราส่วนเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา 60:40

70:30 และ 20:80 ไม่ผ่านเกณฑ์ผลิตภัณฑ์กระดาษสาชุมชนจะเห็นได้ว่าน้ำหนักมาตรฐานมีความสัมพันธ์โดยตรงกับอัตราส่วนของเส้นใยเปลือกส้มโอที่เพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้น้ำหนักมาตรฐานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เกิดจากปัจจัยการแยกเส้นใยขณะทำการทดลอง ซึ่งเส้นใยเปลือกส้มโอมีความละเอียดมาก บางส่วนเส้นใยมีลักษณะเป็นก้อนแข็งเกิดจากบดไม่ทั่วถึง ส่งผลทำให้เส้นใยที่มีขนาดเล็กละเอียดจึงรอดผ่านรูตะแกรงไปกับน้ำ ส่วนเส้นใยที่เป็นก้อนแข็งจะติดกับตะแกรง จึงส่งผลให้น้ำหนักมาตรฐานของแผ่นตัวอย่างหลังขึ้นรูปเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน

เมื่อเปรียบเทียบร้อยละน้ำหนักมาตรฐานของแผ่นกระดาษสาของชิ้นทดสอบกับผลิตภัณฑ์กระดาษสาชุมชนจากการนำชิ้นทดสอบชั่งน้ำหนักมาตรฐานด้วยเครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง ชั่ง 10 ซ้ำ พบว่าอัตราส่วนเส้นใยเปลือกส้มโอต่อเส้นใยผักตบชวาที่ 10:90 20:80 และ 30:70 เกินเกณฑ์ผลิตภัณฑ์กระดาษสาชุมชน ส่วนอัตราส่วนที่ 40:60 และ 50:50 ผ่านเกณฑ์ผลิตภัณฑ์กระดาษสาชุมชน และอัตราส่วนที่ 60:40 70:30 และ 20:80 ไม่ผ่านเกณฑ์ผลิตภัณฑ์กระดาษสาชุมชน ซึ่งร้อยละน้ำหนักมาตรฐานที่ผ่านเกณฑ์ผลิตภัณฑ์กระดาษสาชุมชนไม่เกินร้อยละ 55-65 ± 5 กรัมต่อตารางเมตร

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ One sample t-test พบว่าการทดสอบร้อยละน้ำหนักมาตรฐาน ทุกอัตราส่วนไม่มีความแตกต่างอย่างนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95



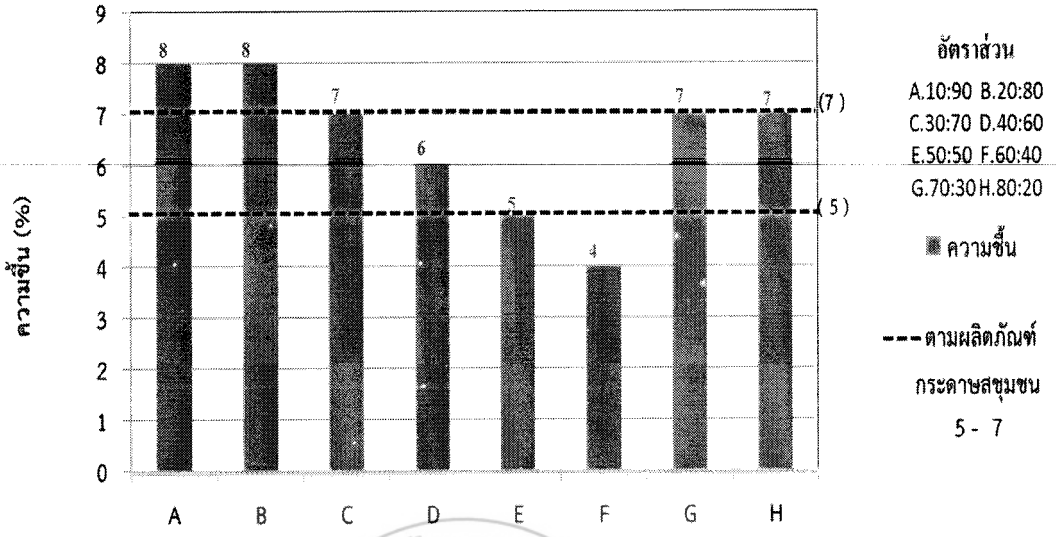
ภาพที่ 4.4 ผลการทดสอบน้ำหนักมาตรฐานของแผ่นกระดาษสา

4.3.1.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติความชื้น

จากผลการทดสอบความชื้น ตามผลิตภัณฑ์กระดาษจากชุมชน ได้ข้อมูลดังภาพที่ 4.5ผลจากการทดสอบความชื้นของกระดาษที่ได้จากการชั่งด้วยเครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง โดยชั่งก่อนอบ และหลังอบ ตัวอย่างละ 10 ซ้ำ ปรากฏว่าอัตราส่วนจากเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวาที่ 10:90 และ 20:80 เกินเกณฑ์ผลิตภัณฑ์กระดาษสาชุมชนและอัตราส่วนจากเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวาที่ 30:70 40:60 และ 50:50 ผ่านเกณฑ์ผลิตภัณฑ์กระดาษสาชุมชน จะเห็นได้ว่าเมื่อลดปริมาณเส้นใยผักตบชวาน้อยลง ทำให้ความชื้นมีแนวโน้มลดลงตามไปด้วย ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าเมื่อเส้นใยผักตบชวาน้อยลง ทำให้เส้นใยผักตบชวาไม่สามารถเข้าไปเคลือบที่ผิวของเส้นใยได้อย่างทั่วถึงและไม่สามารถเข้าไปแทรกซึมภายในช่องว่างของแผ่นกระดาษ ส่งผลให้ความชื้นจึงซึมผ่านเข้าไปได้น้อยลง โดยที่อัตราส่วนร้อยละ 60:40 ไม่ผ่านเกณฑ์ผลิตภัณฑ์กระดาษสาชุมชน ขณะอัตราส่วนที่ 70:30 และ 80:20 ผ่านเกณฑ์ผลิตภัณฑ์กระดาษสาชุมชน ซึ่งเห็นแนวโน้มของความชื้นจะเพิ่มขึ้น เมื่อใช้อัตราส่วนจากเส้นใยเปลือกส้มโอที่เพิ่มขึ้นและเส้นใยผักตบชวาที่น้อยลง เนื่องจากเปลือกส้มโอมีความละเอียดมากกว่าผักตบชวาที่มีลักษณะทางกายภาพที่มีรูพรุนสูงและมีรูปร่างที่ไม่แน่นอน ดังนั้นเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของเปลือกส้มโอมากเกินไปและผักตบชวาน้อยเกินไปทำให้ช่องว่างอากาศภายในกระดาษมากขึ้น จึงเก็บความชื้นได้มากขึ้นตามไปด้วย

เมื่อเปรียบเทียบค่าความชื้น ตามผลิตภัณฑ์กระดาษจากชุมชน จากการนำแผ่นกระดาษทดสอบด้วยเครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง โดยชั่งน้ำหนักก่อนอบและหลังอบ อัตราส่วนที่10:90 และ 20:80 ของร้อยละความชื้น มีค่าเกินเกณฑ์กระดาษชุมชน ส่วนอัตราส่วนที่ 30:70 40:6050:5070:30 และ 80:20 ผ่านเกณฑ์กระดาษสาชุมชน และอัตราส่วนที่ 60:40 ไม่ผ่านเกินเกณฑ์กระดาษชุมชน ซึ่งร้อยละความชื้นเฉลี่ยที่ผ่านเกณฑ์กระดาษจากชุมชนต้องไม่เกินร้อยละ 5-7 เปอร์เซ็นต์

จากการวิเคราะห์ทางสถิต One sample t-test พบว่าการทดสอบคุณสมบัติความชื้นทุกอัตราส่วนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



ภาพที่ 4.5 ผลการทดสอบคุณสมบัติความชื้นของแผ่นกระดาษ

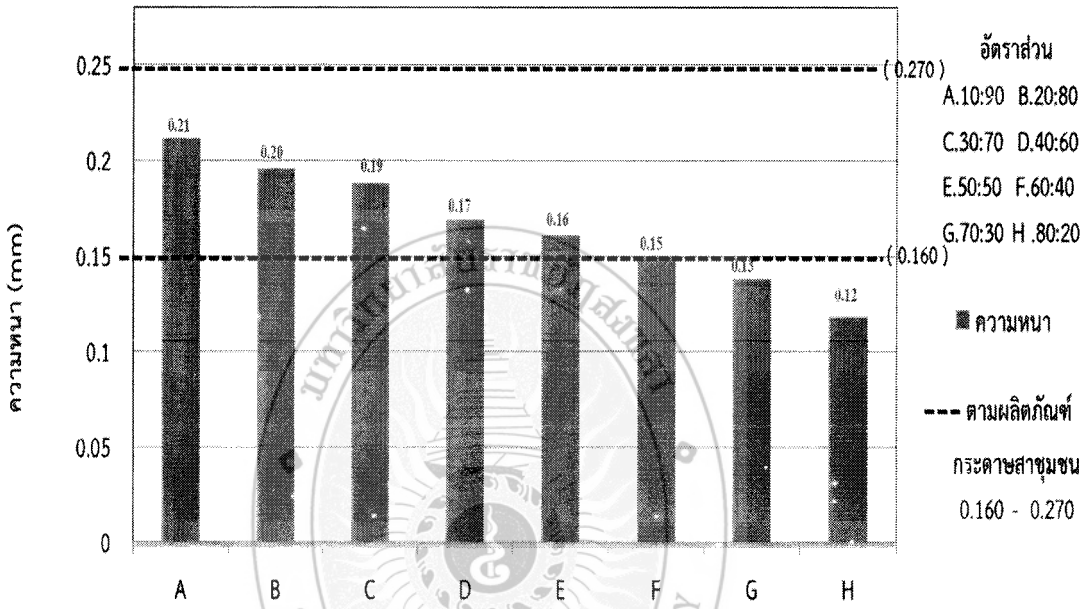
4.3.1.3 ผลการทดสอบคุณสมบัติความหนา

จากผลการทดสอบความหนา ตามผลิตภัณฑ์กระดาษสาจากชุมชน ได้ข้อมูลดังภาพที่ 4.6 ผลจากการทดสอบความหนาของกระดาษที่ได้จากการวัดด้วยเวอร์เนีย โดยสุ่มเป็นจำนวน 10 จุดแต่ละจุดจะต้องไม่มีความแตกต่างกันเกินกว่า 0.002 มิลลิเมตร ปรากฏว่าอัตราส่วนจากเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวาที่ 10:90 20:80 30:70 40:60 และ 50:50 ผ่านเกณฑ์ผลิตภัณฑ์กระดาษสาชุมชน โดยอัตราส่วนจากเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา 60:40 70:30 และ 80:20ไม่ผ่านเกณฑ์ผลิตภัณฑ์กระดาษสาชุมชนจะเห็นได้ว่าทุกอัตราส่วนมีแนวโน้มลดลงตามลำดับ ปัจจัยที่ทำให้ความหนาลดลงสืบเนื่องมาจากผลของเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวาผสมลงไป จึงทำให้ค่าความหนาลดลงเมื่อร้อยละอัตราส่วนของเส้นใยเปลือกส้มโอเพิ่มขึ้นและเส้นใยผักตบชวาลดลง สามารถอธิบายได้ว่าเมื่อเพิ่มปริมาณอัตราส่วนของเส้นใยเปลือกส้มโอส่งผลให้ความหนาเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากเพคตินเป็นตัวช่วยเสริมผนังเซลล์ให้มีความหนาและยืดหยุ่น ทำการศึกษาจากภาสวุฒิ ศิริทองถาวร และสมิทธิ์ เวชสุวรรณรักษ์ (2557) เมื่อลดเส้นใยผักตบชวาน้อยลง ทำให้เส้นใยผักตบชวาเข้าไปเคลือบที่ผิวได้น้อยลง เนื่องเกิดจากความยาวของเส้นใยเมื่อขึ้นรูปแผ่นตัวอย่าง ยิ่งเส้นใยผักตบชวาลดลงการเรียงตัวบนแผ่นก็จะไม่แน่น เมื่อไม่แน่นมากเวลาทำการตรวจสอบความหนาโดยเครื่องมือวัดจะกดตุ้มน้ำหนักมาตรฐานลงบนตัวอย่าง ยิ่งเมื่อตัวอย่างไม่แน่นการยุบตัวก็จะน้อยลงทำให้ความหนาน้อยลงตามไปด้วย

เมื่อเปรียบเทียบค่าความหนา ตามผลิตภัณฑ์กระดาษสาจากชุมชน จากการนำแผ่นกระดาษทดสอบด้วยเวอร์เนีย โดยที่อัตราส่วน 10:90 20:80 30:70 40:60 และ 50:50 ผ่าน

เกณฑ์กระดาษชุมชน และอัตราส่วนที่ 60:40 70:30 และ 80:20 ไม่ผ่านเกินเกณฑ์กระดาษชุมชน ซึ่งร้อยละความหนาที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกระดาษจากชุมชนไม่เกิน 0.27- 0.16 มิลลิเมตร

จากการวิเคราะห์ทางสถิต One sample t-test พบว่าการทดสอบคุณสมบัติความหนาทุกอัตราส่วนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



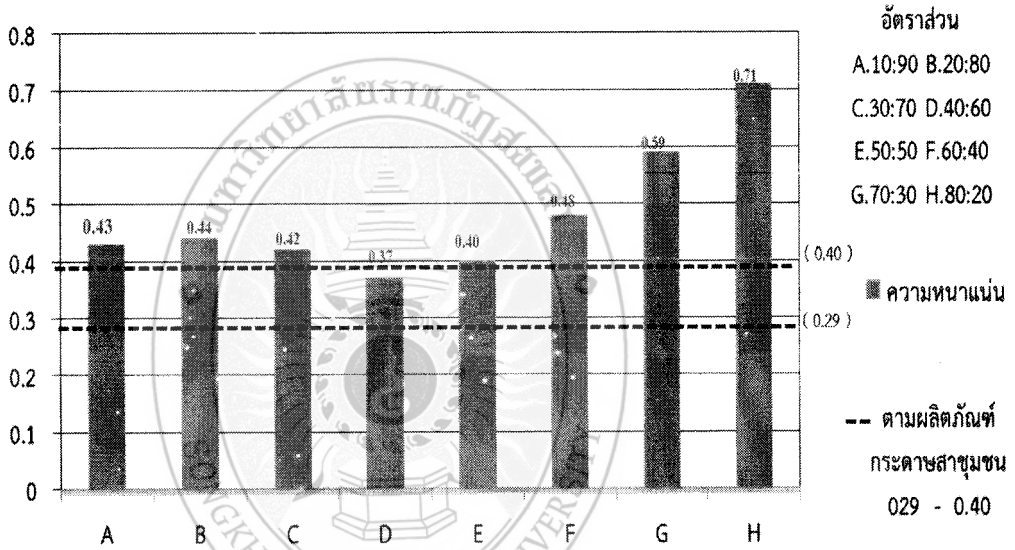
ภาพที่ 4.6 ผลการทดสอบคุณสมบัติความหนา

4.3.1.4 ผลการทดสอบคุณสมบัติความหนาแน่น

จากผลการทดสอบ คุณสมบัติความความหนาแน่นตามผลิตภัณฑ์กระดาษจากชุมชน ได้ข้อมูลดังภาพที่ 4.7ผลคุณสมบัติความหนาแน่นของกระดาษที่ได้จากการหาด้วยสูตร โดยนำค่าน้ำหนักมาตรฐานกับความหนามาแทนในสูตร ปรากฏว่าอัตราส่วนเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวาที่ 10:90 20:80 30:70 60:40 70:30 และ 80:20 เกินเกณฑ์ผลิตภัณฑ์กระดาษสาชุมชน โดยอัตราส่วนเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวาที่ 40:60 และ 50:50 ผ่านเกณฑ์ผลิตภัณฑ์กระดาษสาชุมชน จะเห็นได้ว่าอัตราส่วนที่ 10:90 20:80 และ 30:70 มีค่าที่ใกล้เคียงกัน และอัตราส่วนที่ 40:60 และ 50:50 มีแนวโน้มลดลง ในขณะที่อัตราส่วนที่ 60:40 70:30 และ 80:20 เพิ่มขึ้น ซึ่งเกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักมาตรฐานกับความหนา ฉะนั้นกระดาษที่มีน้ำหนักมาตรฐานน้อยกว่า ทำให้ความหนาของกระดาษน้อยลงตามไปด้วย กระดาษที่มีน้ำหนักมาตรฐานน้อยและความหนาน้อย ส่งผลให้ความหนาแน่นเสมือนมากขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบค่าความหนาแน่น ตามผลิตภัณฑ์กระดาษสาจากชุมชน จากการนำค่าน้ำหนักมาตรฐานกับความหนามาแทนในสูตรโดยที่อัตราส่วน 10:90 20:80 30:70 60:40 70:30 และ 80:20 เกินเกณฑ์ผลิตภัณฑ์กระดาษชุมชน และอัตราส่วน 40:60 และ 50:50 ผ่านเกณฑ์ผลิตภัณฑ์กระดาษสา ซึ่งร้อยละความหนาที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกระดาษสาจากชุมชนไม่เกิน 0.29- 0.40 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

จากการวิเคราะห์ทางสถิต One sample t-test พบว่าคุณสมบัติความความหนาแน่นทุกอัตราส่วน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



ภาพที่ 4.7 ผลการทดสอบคุณสมบัติความหนาแน่น

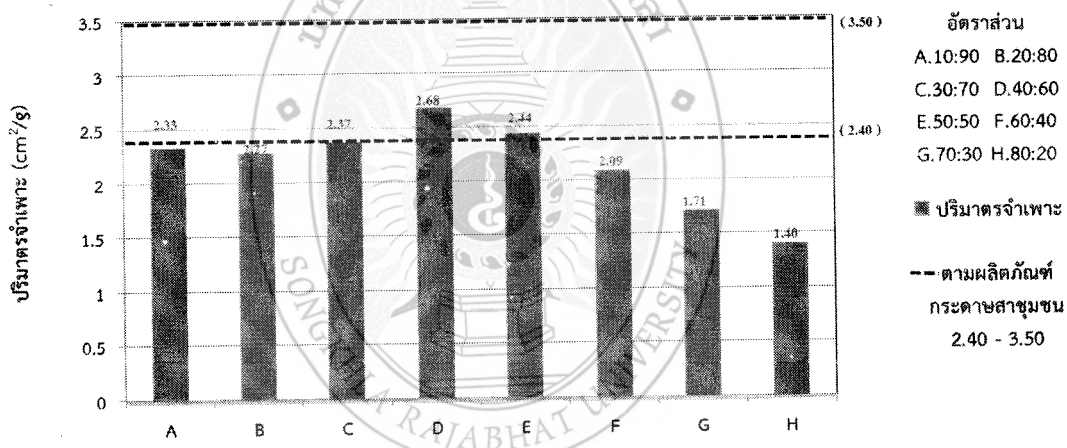
4.3.1.5 ผลการทดสอบคุณสมบัติปริมาตรจำเพาะ

จากผลการทดสอบ คุณสมบัติคุณสมบัติปริมาตรจำเพาะตามผลิตภัณฑ์กระดาษจากชุมชน ได้ข้อมูลดังภาพที่ 4.7 ผลคุณสมบัติปริมาตรจำเพาะของกระดาษที่ได้จากการหาด้วยสูตร โดยนำน้ำหนักมาตรฐานกับความหนามาแทนในสูตร ปรากฏว่าอัตราส่วนเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวาที่ 10:90 20:80 30:70 60:40 70:30 และ 80:20 ไม่ผ่านเกณฑ์ผลิตภัณฑ์กระดาษสาชุมชน และอัตราส่วนเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวาที่ 40:60 และ 50:50 ผ่านเกณฑ์ผลิตภัณฑ์กระดาษสาชุมชน จะเห็นได้ว่าอัตรา 10:90 20:80 และ 30:70 มีค่าใกล้เคียงกัน และอัตราส่วนที่ 40:60 และ 50:50 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในขณะที่อัตราส่วนเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวาที่ 60:40 70:30 และ 80:20 ลดลง ซึ่งเกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักมาตรฐานกับความหนาและความหนาแน่น ฉะนั้นกระดาษที่มีน้ำหนักน้อยกว่า ทำให้ความหนาของกระดาษน้อยลง

ตามไปด้วย กระดาษที่มีน้ำหนักมาตรฐานมากและความหนาน้อย จะให้ค่าความหนาแน่นเสมือนมากขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นความหนาแน่นจะเป็นจำนวนผกผันกับปริมาตรจำเพาะ

เมื่อเปรียบเทียบค่าปริมาตรจำเพาะ ตามผลิตภัณฑ์กระดาษสาจากชุมชน จากการนำค่าน้ำหนักมาตรฐานกับความหนามาแทนในสูตร โดยที่อัตราส่วน 10:90 20:80 30:70 60:40 70:30 และ 80:20 ไม่ผ่านเกณฑ์ผลิตภัณฑ์กระดาษชุมชน และอัตราส่วน 40:60 และ 50:50 ผ่านเกณฑ์ผลิตภัณฑ์กระดาษสา ซึ่งร้อยละปริมาตรจำเพาะที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกระดาษสาจากชุมชนไม่เกิน 2.40-3.50 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ One sample t-test พบว่าคุณสมบัติปริมาตรจำเพาะที่อัตราส่วน 10:90 20:80 30:70 40:60 50:50 60:40 70:30 และ 80:20 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



ภาพที่ 4.8 ผลการทดสอบคุณสมบัติปริมาตรจำเพาะ

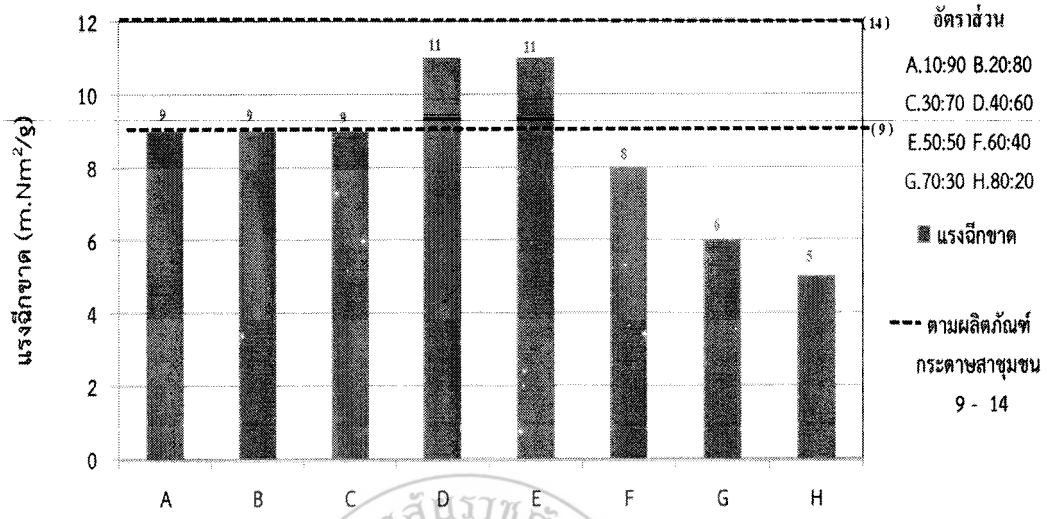
4.3.1.6 ผลการทดสอบคุณสมบัติความต้านทานต่อแรงฉีกขาด

จากผลการทดสอบ คุณสมบัติความต้านทานต่อแรงฉีกขาดตามผลิตภัณฑ์กระดาษจากชุมชน ได้ข้อมูลดังภาพที่ 4.9 ผลคุณสมบัติความต้านทานต่อแรงฉีกขาดของกระดาษที่ได้จากการวัดด้วยเครื่อง Tensile Machine โดยตัดกระดาษที่มีความกว้าง 3.5 เซนติเมตร จำนวน 5 แผ่นย่อย วัด 10 ครั้ง ปรากฏว่าอัตราส่วนเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวาที่ 10:90 20:80 30:70 40:60 และ 50:50 ผ่านเกณฑ์ผลิตภัณฑ์กระดาษสาชุมชน โดยที่อัตราส่วนเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวาที่ 60:40 70:30 และ 80:20 ไม่ผ่านเกณฑ์ผลิตภัณฑ์กระดาษสาชุมชน จะเห็นได้ว่าอัตราส่วนที่ 10:90 20:80 และ 30:70 มีแนวโน้มเท่ากัน ในขณะที่เพิ่มเปลือกส้มโอและลดปริมาณผักตบชวาน้อยลง เนื่องจากแรงมาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบกระดาษนั้นสูงตัวอย่างที่ได้ 843.296

802.466 และ 727.912 นิวตันเมื่อเทียบกับแรงที่อยู่ในพันธะของเส้นใยและน้ำหนักของตัวอย่างที่ได้ 91.14 86.49 และ 79.33 กรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ก็ไม่ส่งผลให้เห็นความแตกต่างของแรงต้านการดึงและฉีกขาดของแผ่นตัวอย่าง ทำให้แนวโน้มจึงไม่แตกต่างกันเมื่อร้อยละของเส้นใยจากเปลือกส้มโอเพิ่มขึ้นและผักตบชวาลดลง ซึ่งผลวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของนุชศรา นงนุช (2553) โดยอัตราส่วนที่ 40:60 และ 50:50 มีแนวโน้มที่สูงกว่าอัตราส่วนที่ 10:90 20:80 และ 30:70 ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า เนื่องด้วยเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวามีน้ำหนักมาตรฐานในปริมาณที่เหมาะสม ในการทำปฏิกิริยากันซึ่งเปลือกส้มโอเป็นเส้นใยบาง และมีความละเอียด เส้นใยจากเปลือกส้มโอมีสารเพคตินเป็นองค์ประกอบที่มีลักษณะคล้ายวุ้นและเป็นสารยึดติดเกาะ ทำการศึกษาจากฐิติมน สันติชัยรัตน์ (2555) ซึ่งกระดาษที่ได้จากเส้นใยเปลือกส้มโอจะมีความต้านแรงฉีกขาดที่ต่ำแต่เมื่อมีการผสมเส้นใยผักตบชวาลงไป ซึ่งเส้นใยมีลักษณะเส้นใยยาวแข็งแรง มีการแตกตัวเป็นเส้นใยเดี่ยวๆ ทำการศึกษาจากปาริชาติ วีระพันธุ์ (2551) จะช่วยทำให้การยึดเกาะกันระหว่างเส้นใยได้ดีขึ้น จึงทำให้เส้นใยทั้งสองสามารถต้านแรงฉีกขาดเฉลี่ยได้สูงขึ้นตามไปด้วยในขณะที่อัตราส่วนที่ 60:40 70:30 และ 80:20 ปรากฏว่ามีแนวโน้มที่ต่ำ เนื่องจากอัตราส่วนที่กำหนดมีเส้นใยเปลือกส้มโอน้อยกว่าเส้นใยผักตบชวา ถึงแม้ว่าน้ำหนักมาตรฐานเฉลี่ยจะสูง แต่ไม่ส่งผลให้ความต้านทานแรงฉีกขาดสูงตามไปด้วย ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า เส้นใยเปลือกส้มโอเป็นเส้นใยบางและละเอียดมากกว่าเส้นใยผักตบชวา เมื่ออัตราส่วนจากเส้นใยเปลือกส้มโอมีมากกว่าเส้นใยผักตบชวาชวา ส่งผลทำให้กระดาษมีความต้านทานแรงฉีกขาดต่ำลงตามไปด้วย

เมื่อเปรียบเทียบค่าความต้านทานต่อแรงฉีกขาด ตามผลิตภัณฑ์กระดาษจากชุมชน จากการนำแผ่นกระดาษทดสอบด้วยเครื่อง Tensile Machine โดยตัดกระดาษมีความกว้าง 3.5 เซนติเมตร จำนวน 5 แผ่นย่อย วัด 10 ครั้ง ที่อัตราส่วนเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา 10:90 20:80 30:70 40:60 และ 50:50 ผ่านเกณฑ์ผลิตภัณฑ์กระดาษสาจากชุมชน ส่วนอัตราส่วนที่ 60:40 70:30 และ 80:20 มีค่าต่ำเกณฑ์ผลิตภัณฑ์กระดาษสาชุมชน ซึ่งร้อยละความต้านทานต่อแรงฉีกขาดเฉลี่ยจากค่าผลิตภัณฑ์กระดาษสาชุมชนอยู่ที่ 9-14 $mN.m^2/g$

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ One sample t-test พบว่าการทดสอบร้อยละความต้านทานต่อแรงฉีกขาด ทุกอัตราส่วน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



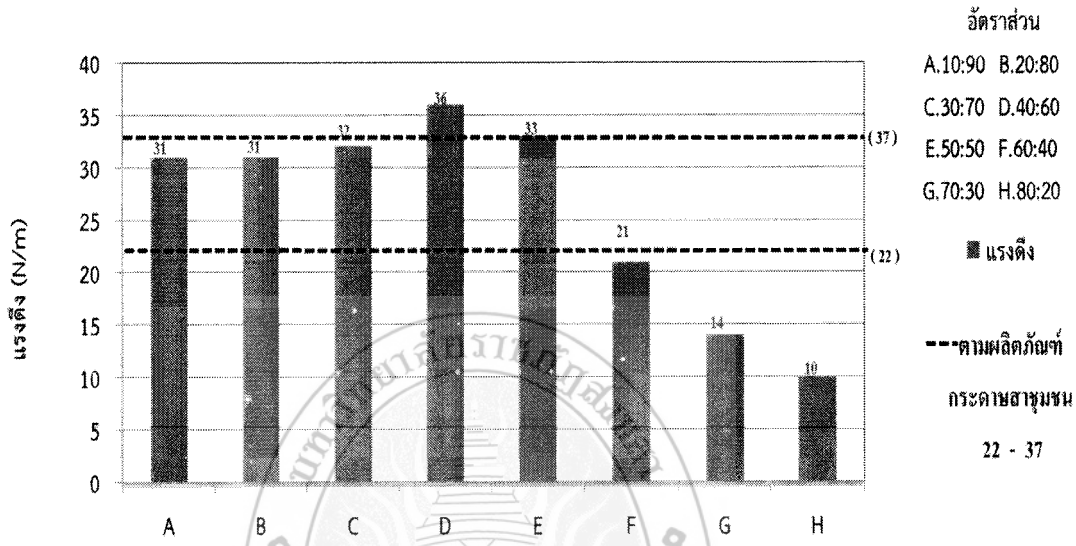
ภาพที่ 4.9 ผลการทดสอบคุณสมบัติความต้านทานต่อแรงฉีกขาดเฉลี่ย

4.3.1.7 ผลการทดสอบคุณสมบัติความต้านทานต่อแรงดึง

จากผลการทดสอบ ความต้านทานต่อแรงดึงตามผลิตภัณฑ์กระดาษจากชุมชน ได้ข้อมูลดังภาพที่ 4.10 ผลจากการทดสอบของกระดาษที่ได้จากการวัดด้วยเครื่อง Tensile Machine โดยตัดกระดาษมีความกว้าง 1.5 เซนติเมตร จำนวน 5 แผ่นย่อย วัด 10 ครั้ง ปรากฏว่าอัตราส่วนเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวาที่ 10:90 20:80 30:70 40:60 และ 50:50 ผ่านเกณฑ์ผลิตภัณฑ์กระดาษสาชุมชน โดยที่อัตราส่วนเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวาที่ 60:40 70:30 และ 80:20 ไม่ผ่านเกณฑ์ผลิตภัณฑ์กระดาษสาชุมชน จะเห็นได้ว่าอัตราส่วนที่ 10:90 20:80 และ 30:70 มีแนวโน้มใกล้เคียงกัน และอัตราส่วนที่ 40:60 และ 50:50 มีแนวโน้มที่สูงกว่าอัตราส่วนที่ 10:90 20:80 และ 30:70 ในขณะที่อัตราส่วน 60:40 70:30 และ 80:20 มีความต้านทานต่อแรงดึงต่ำมาก ซึ่งเกิดจากปัจจัยของน้ำหนักมาตรฐานและอัตราส่วนที่กำหนดเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา เช่นเดียวกันกับความต้านทานต่อแรงฉีกขาด

เมื่อเปรียบเทียบค่าความต้านทานต่อแรงดึง ตามผลิตภัณฑ์กระดาษสาจากชุมชน จากการนำค่าน้ำหนักมาตรฐานกับความหนามาแทนในสูตร โดยที่อัตราส่วน 10:90 20:80 30:70 40:60 และ 50:50 ผ่านเกณฑ์ผลิตภัณฑ์กระดาษชุมชน ส่วนอัตราส่วน 60:40 70:30 และ 80:20 ผ่านเกณฑ์ผลิตภัณฑ์กระดาษสา ซึ่งร้อยละความต้านทานแรงดึงที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกระดาษสาจากชุมชนไม่เกิน 22-37 Nm/g

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ One sample t-test พบว่าการทดสอบร้อยละความต้านทานต่อแรงฉีกขาด ทุกอัตราส่วน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



ภาพที่ 4.10 ผลการทดสอบคุณสมบัติความต้านทานต่อแรงดึงเฉลี่ย

4.4 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต

วัตถุประสงค์ในการหาต้นทุนการผลิตเพื่อต้องการทราบต้นทุนที่แน่นอน ถ้าหากนำไปลงทุนโดยงานวิจัยนี้มีการหาต้นทุนการผลิต เนื่องจากวัสดุที่ใช้ในงานวิจัยเป็นวัสดุที่เสียจากสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะทำให้ช่วยลดปริมาณขยะและกำจัดของเสียได้เป็นจำนวนมาก โดยได้มีการแบ่งต้นทุนการผลิตออกเป็น ต้นทุนด้านวัสดุและสารเคมี ต้นทุนด้านพลังงาน และต้นทุนรวม (ซึ่งเกิดจากต้นทุนด้านวัสดุรวมกับต้นทุนด้านพลังงาน)

4.4.1 ต้นทุนด้านวัสดุ

ต้นทุนด้านวัสดุก่อนการขึ้นรูปเป็นต้นทุนตั้งแต่จากปรับสภาพผิวเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา และการเตรียมชิ้นงานขนาด 12 เซนติเมตร × 12 เซนติเมตร ซึ่งเป็นขนาดที่เตรียมจากตัวอย่างในการขึ้นรูป โดยงานวิจัยนี้มีวัสดุหลักที่ใช้สำหรับเตรียมแผ่นกระดาษสาจากเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา ได้แก่ เส้นใยเปลือกส้มโอ เส้นใยผักตบชวา โซเดียมไฮดรอกไซด์ และน้ำประปา ซึ่งสามารถแสดงรวมราคากลางของวัสดุและสารเคมีได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ราคาวัสดุที่ใช้ในการขึ้นรูปแผ่นกระดาษสาจากเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา

วัสดุและสารเคมี	ราคา/หน่วย	ที่มา
เส้นใยเปลือกส้มโอ	1-1.5บาท/กิโลกรัม	บริษัท ShangqiuKangmeida Bio-Technology
เส้นใยผักตบชวา	20บาท/กิโลกรัม	ร้านกระเป๋าผักตบชวา (2557)
โซเดียมไฮดรอกไซด์	950 บาท/กิโลกรัม	ห้างหุ้นส่วนจำกัด ไฮซายน์ (2557)
น้ำประปา	9.50 บาท/ลูกบาศก์เมตร	การประปาส่วนภูมิภาค จังหวัดสงขลา

จากนั้นคำนวณโดยคิดเทียบจากปริมาณที่ใช้ในการเตรียมแผ่นกระดาษจากเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวาต่อแผ่น ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกใช้อัตราส่วนที่ 40:60 และ 50:50 โดยน้ำหนักของเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา ขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เนื่องจากเป็นสภาวะที่ดีที่สุดในการศึกษาสมบัติต่างๆไม่ว่าจะเป็นคุณสมบัติน้ำหนักมาตรฐานคุณสมบัติความชื้นคุณสมบัติความหนาคุณสมบัติความต้านทานต่อแรงฉีกขาด และคุณสมบัติความต้านทานต่อแรงดึงของแผ่นกระดาษสา ข้อมูลที่คำนวณได้แสดงเป็นราคาต่อแผ่นแสดงดังตารางที่ 4.2 4.3 และ 4.4 (รายละเอียดการคำนวณอยู่ในภาคผนวก ค)

ตารางที่ 4.3 ต้นทุนด้านวัสดุของแผ่นกระดาษสาจากเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวาที่อัตราส่วน 40:60

วัสดุ	ราคา/กรัม	ปริมาณ(กรัม)	ราคา/แผ่น(บาท)
เส้นใยเปลือกส้มโอ	0.0015	40	0.06
เส้นใยผักตบชวา	0.02	60	1.2
โซเดียมไฮดรอกไซด์	0.038	10	0.38
น้ำประปา	0.0000095	1000	0.00095
ราคารวม/แผ่น			1.64

ตารางที่ 4.4 ต้นทุนด้านวัสดุของแผ่นกระดาษสาจากเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวาที่อัตราส่วน 50:50

วัสดุ	ราคา/กรัม	ปริมาณ(กรัม)	ราคา/แผ่น(บาท)
เส้นใยเปลือกส้มโอ	0.0015	50	0.08
เส้นใยผักตบชวา	0.02	50	1
โซเดียมไฮดรอกไซด์	0.038	10	0.38
น้ำประปา	0.0000095	1000	0.00095
ราคารวม/แผ่น			1.46

4.4.2 ต้นทุนด้านพลังงาน

ค่าไฟในกระบวนการต้มแยกเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา สามารถต้มได้ครั้งละ 1 ลิตร โดยเครื่องให้ความร้อนมีกำลังไฟฟ้า 1.02 กิโลวัตต์ ในการต้มแยกเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา โดยการนำเปลือกส้มโอและเส้นใยผักตบชวา มาต้มกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ ใช้เวลา 3 ชั่วโมง คิดค่าไฟฟ้าหน่วยละ 1.86 บาท ข้อมูลต้นทุนด้านพลังงานแสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ต้นทุนด้านพลังงาน

ขบวนการ	เวลา (ชั่วโมง)	หน่วยไฟฟ้า (หน่วย)	ค่าไฟฟ้าหน่วยละ (บาท)	ค่าไฟฟ้า (บาท/แผ่น)
การต้มแยกเส้นใย	3	3.04	1.86	5.65
ราคารวม				5.65

4.4.3 ต้นทุนรวม

ค่าต้นทุนรวมเป็นการรวมค่าระหว่างต้นทุนด้านวัสดุจากข้อมูลในตารางที่ 4.1 และต้นทุนด้านพลังงาน จากข้อมูลในตารางที่ 4.2 4.3 4.4 และ 4.5 โดยคิดเทียบการผลิตแผ่นกระดาษสาจากเปลือกส้มโอกับผักตบชวาขนาด 12 เซนติเมตร × 12 เซนติเมตรจากผลการคำนวณดังกล่าว ต้นทุนรวมของแผ่นกระดาษสาจากเปลือกส้มโอกับผักตบชวาแสดงได้ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ต้นทุนรวมของแผ่นกระดาษสาจากเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา

อัตราส่วนเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา	ต้นทุนด้านวัสดุ (บาท)	ต้นทุนด้านพลังงาน (บาท)	ต้นทุนรวม (บาท/แผ่น)
40:60	1.64	5.65	7.3
50:50	1.46	5.65	7.1

จากตารางที่ 4.6 จะเห็นได้ว่าต้นทุนด้านด้านวัสดุและสารเคมีและต้นทุนด้านพลังงานในอัตราส่วนเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา 40:60 และ 50:50 มีค่าต้นทุนรวมคือ 7.3 และ 7.1 บาท ตามลำดับ

4.4.4 ราคากลางแผ่นวัสดุกระดาษสา

จากผลการคำนวณราคาต้นทุนรวมในการผลิตแผ่นกระดาษสาจากเปลือกส้มโอกับผักตบชวานำราคาต้นทุนรวมของแผ่นกระดาษสาจากเปลือกส้มโอกับผักตบชวาเปรียบเทียบกับราคาแผ่นกระดาษสาจริงจากราคากลางของแผ่นกระดาษสากว้าง 15 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร มีราคา 10 บาทเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดเดียวกับแผ่นกระดาษสาจากเปลือกส้มโอกับผักตบชวาที่อัตราส่วน 40:40 และ 50:50 กว้าง 12 เซนติเมตร ยาว 12 เซนติเมตร จะมีราคา 1 บาท 64 สตางค์และ1 บาท 46 สตางค์ ตามลำดับ ซึ่งราคาต้นทุนรวมต่อแผ่นของแผ่นกระดาษสาจากเปลือกส้มโอกับผักตบชวามีราคา 7 บาท 30 สตางค์ และ 7 บาท 10 สตางค์ ตามลำดับ พบว่ามีราคาถูกกว่าแผ่นกระดาษสาจริงอยู่ 2.7 บาท ซึ่งคุ้มทุนจะผลิตจำหน่าย

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตกระดาษสาจากเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของแผ่นกระดาษที่ผ่านการปรับสภาพผิวด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ศึกษาชิ้นทดสอบที่มีสัดส่วนเส้นใยเปลือกส้มโอต่อเส้นใยผักตบชวาที่ 10:90 20:80 30:70 40:60 50:50 60:40 70:30 และ 80:20 ขึ้นรูปด้วยตะแกรงขนาด 12 × 12 เซนติเมตร โดยนำไปอบหลังการขึ้นรูปด้วยตู้อบความร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำชิ้นทดสอบที่ได้ไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพตามผลิตภัณฑ์กระดาษสาชุมชน

จากผลการปรับสภาพผิวเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นผักตบชวาด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ จะเห็นได้ชัดเจนว่าเส้นใยที่ผ่านการปรับสภาพผิวด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ เยื่อจากเปลือกส้มโอบาง และมีความละเอียดคล้ายวุ้น บางส่วนจะแข็ง ซึ่งผลวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของฐิติมน สันติชัยรัตน์(2555) ส่วนเส้นใยผักตบชวาจะมีลักษณะยาวแข็งแรงและมีการแตกตัว เป็นเส้นใยเดี่ยวๆ ได้ดีกว่าเส้นใยที่ไม่ผ่านการปรับสภาพผิวด้วยโซเดียมไฮครอกไซด์ ซึ่งผลวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของปาริชาติ วีระพันธุ์ (2551)

จากการทดสอบสมบัติทางกายภาพของกระดาษในการพัฒนาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตกระดาษสาจากเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวาในอัตราส่วน 10:90 20:80 30:70 40:60 50:50 60:40 70:30 และ 80:20 พบว่าอัตราส่วนที่ 40:60 และ50:50 ดีที่สุด รองลงมา 30:70 20:80 และ 10:90 ตามลำดับ เพราะอัตราส่วน 40:60 50:50 30:70 20:80 และ 10:90 มีส่วนผสมของเส้นใยผักตบชวามากกว่าเส้นใยเปลือกส้มโอ ซึ่งเส้นใยผักตบชวามีเซลลูโลสและเส้นใยเปลือกส้มโอมีสารเพคตินเป็นองค์ประกอบของพืชอยู่ จึงส่งผลให้กระดาษสาในอัตราส่วน 40:60 และ 50:50 มีประสิทธิภาพดีที่สุด ซึ่งค่าที่ได้ผ่านเกณฑ์ตามผลิตภัณฑ์กระดาษชุมชน เมื่อเปรียบเทียบลักษณะแผ่นกระดาษสา พบว่าเนื้อกระดาษมีลักษณะเป็นแผ่นสีน้ำตาลอ่อน เยื่อกระดาษเนื้อละเอียด แผ่นยึดติดกันได้ดี ไม่มีรอยฉีกขาด ผิวหน้าเรียบสม่ำเสมอ ไม่มีรูพรุน มองเห็นลวดลายของเส้นใยในเนื้อกระดาษ สามารถนำแปรรูปต่างๆ เช่น โคมไฟ กระดาษห่อของขวัญ ดอกไม้ประดิษฐ์และศิลปะหัตกรรมต่างๆโดยที่อัตราส่วน 30:70 20:80 และ 10:90 มีประสิทธิภาพเช่นเดียวกันแต่แผ่นกระดาษมีน้ำหนักมาตรฐานเกินเกณฑ์ตามผลิตภัณฑ์กระดาษชุมชน เมื่อเปรียบเทียบลักษณะแผ่นกระดาษสา พบว่าเนื้อกระดาษมีลักษณะเป็นแผ่นสีน้ำตาลเข้ม เยื่อกระดาษเนื้อละเอียด แผ่นยึดติดกันดี ไม่มีรอย

ฉีกขาด ผิวเรียบสม่ำเสมอ ไม่มีรูพรุน มองเห็นลวดลายของเส้นใยในเนื้อกระดาษชัดเจน สามารถนำกระดาษใช้ในงานอื่นๆ เช่น ห่อผลิตภัณฑ์ทั่วไป

เมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบพบว่า คุณสมบัติด้านกายภาพต่างๆ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เมื่อนำแผ่นกระดาษสาจากเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวามาวิเคราะห์ต้นทุนในการผลิตแผ่นกระดาษสาอัตราส่วน 40:40 และ 50:50 ในงานวิจัยครั้งนี้พบว่า มีต้นทุนในการผลิตรวมทั้งหมดอยู่ที่ 7 บาท 30 สตางค์และ 7 บาท 10 สตางค์ ตามลำดับ ซึ่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับราคาแผ่นกระดาษสาจริงที่มีขนาดเท่ากัน พบว่าแผ่นกระดาษสาจากเปลือกส้มโอกับผักตบชวามีราคาถูกกว่าแผ่นกระดาษสาจริง อยู่ประมาณ 2.7 บาท ซึ่งคุ้มทุนจะผลิตจำหน่าย

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองที่ได้ศึกษาครั้งนี้ มีข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต คือ การศึกษาครั้งต่อไปควรมีการศึกษาตรวจสอบน้ำเสียที่ใช้หลังการทำกระดาษสา เพื่อไม่ทำลายสิ่งแวดล้อมเนื่องด้วยการผลิตกระดาษสาต้องใช้สารเคมีน้ำที่ได้หลังจากปฏิบัติจึงต้องทิ้งลงสู่สิ่งแวดล้อม

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บรรณานุกรม

วุฒินันท์ คงทัด วารุณี ธนะแพสย์. 2550. **คุณสมบัติเชิงกลของกระดาษสาผสมเยื่อโพลิเอททิลิน ที่ทำด้วยมือแบบไทย**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.kucon.lib.ku.ac.th สืบค้นข้อมูล ณ วันที่ 19 กรกฎาคม 2557.

วุฒินันท์ คงทัด, ชัยพร สามพุ่งพวง, และสาริมา สุนทรารชุน. **คุณสมบัติทางเชิงกลของกระดาษผักตบชวาผสมเยื่อสาที่ทำด้วยมือแบบไทยเพื่องานหัตถกรรม**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.lib.ku.ac.th สืบค้นข้อมูล ณ วันที่ 20 กรกฎาคม 2557.

ฐิติมน สันติชัยรัตน์. 2555. **การศึกษาคุณภาพของกระดาษจากเปลือกส้มโอ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สิทธิศานต์ วชิรานุภาพ. 2542. **การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเยื่อกระดาษจากต้นธูปฤาษี.** โครงเครือข่ายห้องสมุดในประเทศไทย สำนักงาคณะกรรมการอุดมศึกษา. มหาวิทยาลัยมหิดล.

กาญจณา ลือพงษ์, นงนุช ศศิธรรม, เกษม มานะรุ่งวิทย์. 2555. **การเสริมแรงยางธรรมชาติด้วยเส้นใยผักตบชวา.** โครงการทางเทคโนโลยี ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง. วิทยาเขตชุมพรเขตอุดมศักดิ์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล.

สมชาย บุญพิทักษ์, วรทัศน์ ศรีวิชัย. 2551. **การศึกษาและพัฒนาผักตบชวา.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวทยาลัยมหิดล.

นุศรา นงนุช. 2553. **การผลตกระดาษเชิงหัตกรรม.** วิทยานิพนธ์ปริญญาศิลปะศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์เพื่อพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

ภาสวุฒิ ศิริทองถาวร และสมิทธิ์ เวชสุวรรณรักษ์. 2557. **การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากวัสดุทางเกษตร.** วิทยานิพนธ์ปริญญา, สาขาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล.

ปาริชาติ วีระพันธ์. 2551. **การเปรียบเทียบคุณภาพกระดาษผลิตด้วยมือ.** กลุ่มสาระการเรียนรู้วิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี. สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ. กรุงเทพมฯ

กนิษฐ์ ตริสุวรรณ. 2548. **การผลิตเยื่อกระดาษจากใบสับปะรด.** โครงการเครือข่ายห้องสมุดในประเทศไทยสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา. กรุงเทพฯ.

กรรณิการ์ โสมขุนทด, โยษิตา ครบุรี และรัตนณา รามัญ. 2555. **การผลิตกระดาษจากเยื่อส้มโอเพื่อเจริญเติบโตของเชื่อแบคทีเรีย.** โรงเรียนถนนหักพิทยาคม อำเภอ นางรอง

จังหวัด บุรีรัมย์ [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.doubleapaper.com สืบค้นข้อมูล ณ วันที่ 10 พฤษภาคม 2556.

เกษมา วรวรรณ ณ อยุธยา ชะลอ กองสุทธิ์ใจ. 2541. **การทำลวดลายและสีบนกระดาษสา.** กรมการศึกษานอกโรงเรียนกระทรวงศึกษาธิการ.

เจษฎา สุวรรณ. 2535. **การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเยื่อสากับเยื่อชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมเพื่อลดปริมาณการใช้เยื่อสาในกานผลิตกระดาษสาในภาคเหนือ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบันฑิต, สาขาวิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรจ

ชัยพร สามพุ่งพวง. 2550. **การพัฒนากระบวนการผลิตกระดาษฟางข้าวแบบพื้นบ้าน.** โครงเครือข่ายห้องสมุดในประเทศไทย สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา.

ชัยวัฒน์ ยิ้มช้าง. 2549. **การศึกษาความเป็นไปได้ของแผนเซลล์กระดาษสาสำหรับระบบความเย็นแบบระเหย.** โครงการเครือข่ายห้องสมุดในประเทศไทย สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา.

ธนพรรณ บุญยรัตกลิน. 2545. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว.** โครงการเครือข่ายห้องสมุดในประเทศไทย สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา.

นุทิศ เอียมใส. 2548. **การศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตเยื่อกระดาษจากเปลือกข้าวโพด.** โครงเครือข่ายห้องสมุดในประเทศไทย สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา.

พนิตนาฏ จันทรานุภาพ และประวัตร จันทรานุภาพ. 2544. **ใบสับปะรดในหม้อเยื่อ.** โครงเครือข่ายห้องสมุดในประเทศไทย สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพรจอมเกล้าพระนครเหนือ.

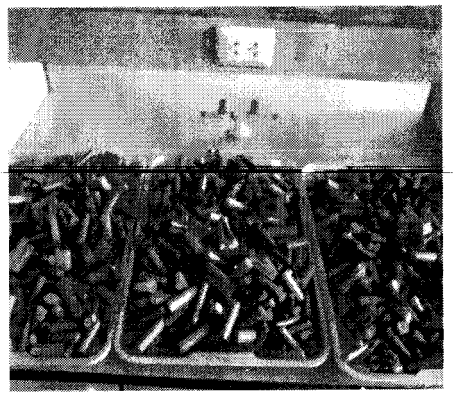
วนิดา กำพลรัตน์. 2543. **การผลิตกระดาษเชิงหัตกรรมจากใบหญ้าแฝก.** โครงเครือข่ายห้องสมุดในประเทศไทย สำนักงาคณะกรรมการอุดมศึกษา.

วิขัณฑ์ อรรณพานุรักษ์. 2545. **การตรวจสอบและควบคุมคุณภาพเยื่อและกระดาษสา.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก สืบค้นข้อมูล ณ วันที่ 10 มิถุนายน 2557

ภาคผนวก

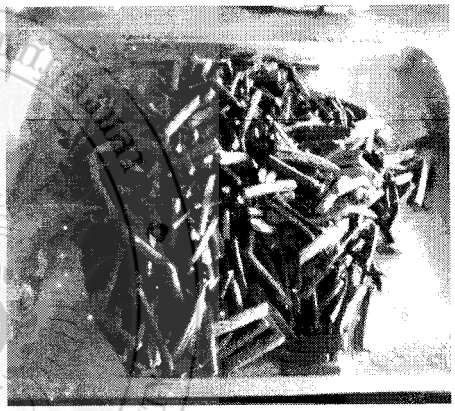
ภาคผนวก ก
ภาพประกอบการวิจัย

ภาพที่ ก -1 เปลือกส้มโอที่สด



ภาพที ก -2 ผักตบชวาที่สด

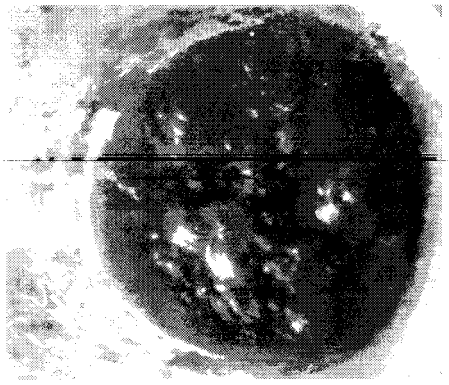
ภาพที่ ก - 3 เปลือกส้มโอที่แห้ง



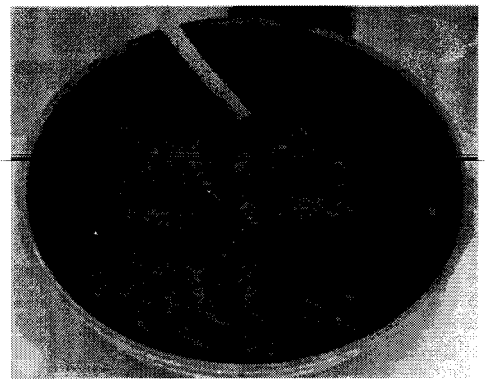
ภาพที่ ก 4 ผักตบชวาที่แห้ง

ภาพที่ ก 5 เครื่อง hot paet

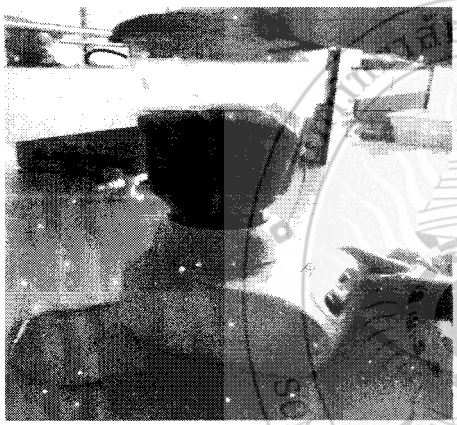
ภาพที่ ก 6 บีกเกอร์



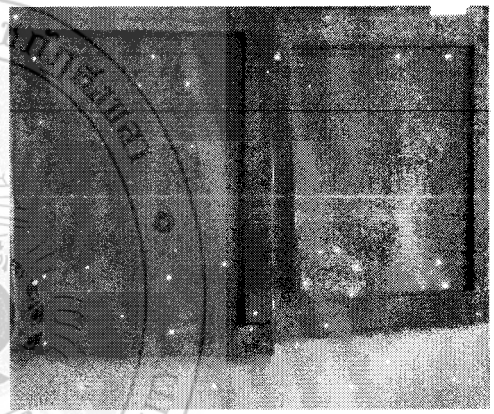
ภาพที่ ก 7 เส้นใยเปลือกส้มโอ



ภาพที่ ก 8 เส้นใยผักตบชวา



ภาพที่ ก 9 เครื่องปั่นผลไม้



ภาพที่ ก 10ตะแกรงมุ้งลวด

ภาพที่ ก 11 ตู้อบ (Oven)

ภาพที่ ก 15 เครื่อง Tensile Machin

ภาคผนวก ข
ข้อมูลการทดลอง

จากการเตรียมกระดาษสาจากเส้นใยเปลือกส้มโอและเส้นใยผักตบชวา กำหนดอัตราส่วนเส้นใยเปลือกส้มโอและเส้นใยผักตบชวา 10:90 20:80 30:70 40:60 50:50 60:40 70:30 และ 80:20 โดยน้ำหนักเพื่อศึกษาคุณสมบัติของกระดาษสาและทดสอบประสิทธิภาพของกระดาษสาจากเส้นใยเปลือกส้มโอและเส้นใยผักตบชวา สามารถแสดงผลการทดลองได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ ข-1 วิเคราะห์น้ำหนักอัตราส่วนเส้นใยเปลือกส้มโอและเส้นใยผักตบชวาต่อสารโซเดียมไฮดรอกไซด์

ชุดทดลอง	อัตราส่วนระหว่างเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา (กรัม)	ปริมาณที่ใช้ในการทดลอง	
		น้ำ (ลิตร)	โซเดียมไฮดรอกไซด์ (กรัม)
1	80:20	2	8:2
2	70:30	2	7:3
3	60:40	2	6:4
4	50:50	2	5:5
5	40:60	2	4:6
6	30:70	2	3:7
7	20:80	2	2:8
8	10:90	2	1:9

ตารางที่ข-2 การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยน้ำหนักมาตรฐานของแผ่นกระดาษสาจากเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นในผักตบชวา

ชุดทดลอง	อัตราส่วน (เส้นใยเปลือกส้มโอ: เส้นใยผักตบชวา)	น้ำหนักมาตรฐานของกระดาษสาเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา(กรัมต่อลูกบาศเมตร)										ค่าเฉลี่ย
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10	
1	10:90	0.9011	0.9041	0.9012	0.9900	0.9051	0.9050	0.9000	0.8082	1.0000	0.8991	0.9414
2	20:80	0.8493	0.8467	0.7435	0.9348	0.9487	0.8468	0.8485	0.9489	0.9366	0.7442	0.8467
3	30:70	0.7331	0.7602	0.7477	0.7424	0.7227	0.7636	0.8021	0.7114	0.8000	0.7499	0.6303
4	40:60	0.6244	0.6328	0.6304	0.6383	0.6378	0.6283	0.6231	0.6373	0.6295	0.6311	0.6303
5	50:50	0.6512	0.6413	0.6612	0.7023	0.6221	0.5900	0.7003	0.7027	0.6229	0.7061	0.6600
6	60:40	0.7153	0.7189	0.7257	0.7256	0.7210	0.7127	0.7229	0.7081	0.7170	0.7178	0.7185
7	70:30	0.8758	0.8211	0.8037	0.8399	0.8568	0.7998	0.7299	0.8225	0.7877	0.7429	0.8080
8	80:20	0.9010	0.8039	0.8328	0.8508	0.8698	0.9019	0.8225	0.7896	0.7959	0.8342	0.8414

ตารางที่ ข-3 ความชื้นของกระดาษสาเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวาของแต่ละชุดการทดลอง

ชุดทดลอง	อัตราส่วน (เส้นใยเปลือกส้มโอ: เส้นใยผักตบชวา)	ความชื้นของกระดาษสาเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา(เปอร์เซ็นต์)										ค่าเฉลี่ย
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10	
1	10:90	0.9093	0.7545	0.9034	0.8046	0.9008	0.9500	0.7415	0.7445	0.9156	0.7894	8.4391
2	20:80	0.8989	0.8105	0.8798	0.7633	0.8642	0.8608	0.6721	0.6705	0.8434	0.7113	7.9748
3	30:70	0.6965	0.6665	0.8092	0.6591	0.7148	0.7999	0.6866	0.8278	0.8083	0.7237	7.3924
4	40:60	0.5964	0.5977	0.5971	0.5966	0.5981	0.5976	0.5978	0.6001	0.5964	0.5986	5.9764
5	50:50	0.5713	0.5241	0.5541	0.5521	0.5599	0.5566	0.5405	0.5314	0.5547	0.5301	5.4748
6	60:40	0.6474	0.6467	0.6467	0.6522	0.6514	0.6525	0.6459	0.6487	0.6503	0.6476	6.4894
7	70:30	0.8054	0.792	0.7632	0.7821	0.7812	0.7413	0.6523	0.7822	0.7000	0.6813	7.4811
8	80:20	0.7621	0.7595	0.7591	0.7699	0.7593	0.6947	0.6898	0.7579	0.7296	0.7488	7.4307

ตารางที่ ข-4 ความหนาของกระดาษสาเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวาของแต่ละชุดการทดลอง

ชุดทดลอง	อัตราส่วน (เส้นใยเปลือกส้มโอ: เส้นใยผักตบชวา)	ความหนาของกระดาษสาเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา(มิลลิเมตร)										ค่าเฉลี่ย
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10	
1	10:90	10.7	10.7	10.6	10.6	10.7	10.6	10.5	10.5	10.6	10.7	10.62
2	20:80	9.7	9.6	9.6	9.7	9.5	9.9	9.8	10.2	10.1	9.7	9.78
3	30:70	9.0	9.1	9.1	8.7	8.8	9.2	9.2	9.2	8.9	8.7	8.99
4	40:60	8.5	8.1	8.6	8.7	8.8	8.2	8.2	8.4	8.7	8.4	8.46
5	50:50	7.9	8.1	7.8	0.78	7.9	7.8	8.2	8.2	8.4	7.7	8.07
6	60:40	7.6	7.7	7.8	7.4	7.5	7.4	7.6	7.6	7.6	7.4	7.56
7	70:30	7.0	7.0	7.1	6.9	7.2	6.8	6.6	6.6	6.6	7.4	6.92
8	80:20	6.0	5.4	6.1	5.9	5.8	5.8	6.2	6.0	5.9	5.9	5.99

ตารางที่ ข-5 ความต้านทานต่อแรงดึงกระดาษสาเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวาของแต่ละชุดการทดลอง

ชุดทดลอง	อัตราส่วน (เส้นใยเปลือกส้มโอ: เส้นใยผักตบชวา)	ความต้านทานต่อแรงดึงของกระดาษสาเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา(นิวตัน)										ค่าเฉลี่ย
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10	
1	10:90	384.22	391.88	417.97	480.54	441.61	423.53	413.72	411.99	447.36	446.66	130.09
2	20:80	121.24	128.27	130.17	127.10	131.05	131.08	125.99	135.17	138.31	129.51	164.82
3	30:70	160.63	156.91	149.50	152.35	161.00	177.00	187.48	190.30	165.17	166.37	305.96
4	40:60	287.47	295.37	283.95	342.27	359.36	395.17	281.38	279.81	277.83	256.95	323.22
5	50:50	295.77	345.20	331.65	343.75	321.65	315.31	342.23	333.47	327.17	297.98	345.08
6	60:40	341.47	399.37	344.98	321.25	298.89	365.34	355.47	347.66	332.56	343.77	338.61
7	70:30	349.05	334.55	329.89	338.75	340.71	348.01	343.11	332.71	330.99	338.35	378.29
8	80:20	399.55	346.19	355.12	389.89	345.20	377.30	369.89	389.79	399.15	376.81	425.95

ตารางที่ ข-6 ความต้านทานต่อแรงฉีกขาดของกระดาษสาเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวาของแต่ละชุดการทดลอง

ชุดทดลอง	อัตราส่วน (เส้นใยเปลือกส้มโอ: เส้นใยผักตบชวา)	ความต้านทานต่อแรงฉีกขาดของกระดาษสาเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา(นิวตัน)										ค่าเฉลี่ย
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10	
1	10:90	822.21	839.51	845.61	832.45	901.56	849.15	822.44	838.10.	832.42	849.51	843.87
2	20:80	445.55	437.76	439.89	521.71	487.99	457.88	444.81	435.41	434.51	481.10	456.16
3	30:70	462.69	475.18	499.70	572.80	532.17	500.01	578.28	515.61	489.36	517.40	507.61
4	40:60	675.18	719.70	695.03	682.59	705.78	675.30	659.10	685.17	677.98	710.16	690.27
5	50:50	677.77	733.95	710.09	695.79	682.59	700.10	729.51	679.24	685.51	697.87	699.15
6	60:40	727.64	698.72	755.59	759.03	731.15	745.43	736.71	699.99	701.85	723.01	727.91
7	70:30	615.09	609.99	583.70	592.72	603.32	613.01	395.17	571.87	582.51	578.77	573.61
8	80:20	798.93	813.00	795.42	810.05	807.72	788.12	810.01	791.48	789.93	820.00	798.96

ภาคผนวก ค
ตัวอย่างการคำนวณงานวิจัย

ก. การคำนวณคุณสมบัติด้านกายภาพของกระดาษสา

รายงานผลในการวิจัยนี้จะเป็นหน่วยเมตริก แต่อย่างไรก็ตามดัชนีความแข็งแรงต่างๆใช้ หน่วย IS คำนวณและรายงานผลตามสภาวะความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิที่กำหนดในลักษณะของน้ำหนักต่อพื้นที่ของแผ่นเยื่อทดลอง ซึ่งการคำนวณของค่าต่างๆมีตัวอักษรแทนค่าดังนี้

r =น้ำหนักต่อหน่วยพื้นที่ g/m^2

t =ความหนาของตัวอย่าง mm

e =ความต้านแรงฉีกขาดเฉลี่ย g

p =ความต้านแรงดึงเฉลี่ย g

มีสูตรดัง

1) น้ำหนักมาตรฐาน = r มีหน่วยg/m^2

คำนวณจาก

-จากค่าเฉลี่ยเลขคณิต $\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n}$

โดยที่ xi แทนค่าสังเกตของข้อมูลลำดับที่ i

nแทนจำนวนตัวอย่างข้อมูล

$$=\frac{0.6512+0.6413+0.6615+0.7023+0.6221+0.59+0.7006+0.7028+0.6229+0.7061}{10}$$

$= 66.00\ g/m^2$

2) ความชื้น = (น้ำหนักสด-น้ำหนักอบแห้ง)*100/น้ำหนักอบแห้ง มีหน่วย %

$$= \frac{0.6600-0.6299\times100}{0.6299}$$

$= 6.4850\ \%$

3) ความหนา

คำนวณจาก

-จากค่าเฉลี่ยเลขคณิต $\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n}$

โดยที่ xi แทนค่าสังเกตของข้อมูลลำดับที่ i

nแทนจำนวนตัวอย่างข้อมูล

ค่าของความหนาที่ได้จากการทดลองนำมาคำนวณค่าเฉลี่ยโดยการหารด้วย10 และ5คูนด้วย 10 จะเป็นค่าความหนาของ

$$= \frac{0.90+0.90+0.82+0.78+0.80+0.80+0.82+0.88+0.90+0.82}{10}$$

$$= \frac{0.84}{10} = \frac{0.084\times10}{5}$$

= 0.16 mm

4) ความหนาแน่น =r/(t*1000) มีหน่วยg/cm^3

$$=\frac{0.6600\times1000}{0.16}$$

=0.41 g/cm^3

5) ปริมาณจำเพาะ =(t*10*100)/r มีหน่วยcm^2/g

$$=\frac{0.16\times10\times100}{0.6600}$$

=2.42 cm^2/g

6) ดัชนีความต้านแรงดึง=p/ความกว้าง/r มีหน่วยN.m/g

$$=\frac{323.22}{1.5} = \frac{215.48}{66.00}$$

=33 N.m/g

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

7) ดัชนีความต้านแรงฉีกขาด =e*ความกว้าง/r มีหน่วยm.Nm^2/g

$$=\frac{699.147\times1.5}{91.14}$$

$=11\ m.Nm^2/g$

ข. การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต

8) คำนวณระยะเวลาในการผลิตของแผ่นกระดาษสาจากเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา

ระยะเวลาในการต้มแยกเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา

เวลาในการต้มแยกเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวาทั้งหมด 2 ชั่วโมง = 2 ชั่วโมง

= 2 ชั่วโมง

ระยะเวลาในการขึ้นแผ่น

ถ้าใช้เวลาในการขึ้นแผ่น 60 นาที = 1 ชั่วโมง

ดังนั้นเวลาในการขึ้นรูปทั้งหมด 120 นาที = $\frac{120\text{นาที} \times 1\ \text{ชั่วโมง}}{60\ \text{นาที}}$

= 2 ชั่วโมง

9) คำนวณปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตต่อหน่วย

ปริมาณไฟฟ้าในการต้มแยกเส้นใย

หน่วยไฟฟ้า = กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์)× เวลาในการขึ้นแผ่นทั้งหมด (ชั่วโมง)

= 1.02 (กิโลวัตต์) × 3 (ชั่วโมง)

= 3.06 หน่วย

ปริมาณไฟฟ้าในการขึ้นแผ่น

หน่วยไฟฟ้า = กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์) × เวลาในการขึ้นแผ่นทั้งหมด (ชั่วโมง)

= 5.6 (กิโลวัตต์) × 2 (ชั่วโมง)

= 11.2 หน่วย

10) คำนวณการไฟฟ้าของแผ่นกระดาษสาจากเปลือกส้มโอกับผักตบชวา

การต้มแยกเส้นใย

ค่าไฟฟ้า 1 หน่วย = 1.86 บาท

ถ้าค้าไฟฟ้ามี 3.06 หน่วย = $\frac{3.06 \text{ หน่วย} \times 1.86 \text{ บาท}}{1 \text{ หน่วย}}$

= 5.69

การอัดขึ้นรูป

ค่าไฟฟ้า 1 หน่วย = 1.86 บาท

ถ้าค้าไฟฟ้ามี 11.2 หน่วย = $\frac{11.2 \text{ หน่วย} \times 1.86 \text{ บาท}}{1 \text{ หน่วย}}$

= 20.83 บาท

11) ต้นทุนรวม

ต้นทุนรวม = ต้นทุนวัสดุ + ต้นทุนไฟฟ้า

= 1.46 + 5.65

= 7.11 บาท/แผ่น

12) คำนวณราคาแผ่นกระดาษสาจากต้นปอสา

แผ่นกระดาษสาจากต้นปอสา = กว้าง × ยาว

= 15 cm× 15 cm

= 225 cm^2

แผ่นกระดาษสาจากเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา = 10cm× 10cm

= 100cm^2

ถ้าแผ่นกระดาษสาจากต้นปอสาขนาด 225 cm^2 มีราคา = 10 บาท

ดังนั้นแผ่นกระดาษสาจากเปลือกส้มโอกับผักตบชวาขนาด 100 cm^2 มีราคา

$$= \frac{100\ cm^2 \times 10\ \text{บาท}}{225\ cm^2}$$

= 4.44 บาท

13) การคำนวณการเปรียบแผ่นระดาษสาจริง (แผ่นกระดาษสาจากต้นปอสา) กับแผ่นกระดาษสาจากเปลือกส้มโอกับผักตบชวา

แผ่นกระดาษสาจากต้นปอสา = 4.44 บาท

แผ่นกระดาษสาจากเปลือกส้มโอกับผักตบชวา = 7.11 บาท

ดังนั้นราคาแตกต่างกัน = 7.11 4.44 บาท

= 2.67 บาท

หมายเหตุ: ตัวอย่างการคำนวณของแผ่นกระดาษสาจากอัตราส่วน 50:50

ภาคผนวก ง
แบบเสนอโครงการวิจัย

แบบเสนอโครงการวิจัย
วิจัยเฉพาะทางสิ่งแวดล้อม (4003002)
โปรแกรมวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1. **ชื่อโครงการวิจัย** การพัฒนาอัตรส่วนที่เหมาะในการผลิตกระดาษสาจากเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา
   The Development of Optimized Ratio For the Paper Production from Grapefruit Peel Fiber with Water Hyacinth Fiber
2. **ปีการศึกษา** 2557
3. **สาขาวิชาที่ทำการวิจัย** วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
4. **ผู้วิจัย**
   4.1 นางสาวนายีเราะห์ปูเต๊ะ
   ศึกษาระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4
   โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
   คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
   มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
   4.2 นางสาวโนรอารฟะห์หามะ
   ศึกษาระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4
   โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
   คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
   มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
5. **อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ขวัญกมล ขุนพิทักษ์
   อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พลพัฒน์ รวมเจริญ

6. รายละเอียดเกี่ยวกับการวิจัย

6.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

กระดาษสาเป็นกระดาษพื้นเมืองทางภาคเหนือ ที่มีการผลิตมานานหลายชั่วอายุคน ซึ่งยังคงมีการผลิตการดาษสามาจนถึงปัจจุบัน ทั้งโรงงานอุตสาหกรรม ขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก สมัยแรกนิยมผลิตจากต้นปอสา เพื่อนำใช้คำสั่งสอนและทำร่ม เป็นต้น ผลิตภัณฑ์สามารถส่งออกขายยังต่างประเทศ ซึ่งกระดาษกำลังเป็นสินค้าที่ได้รับความนิยมทั้งตลาดภายในและตลาดภายนอก ในขณะกลุ่มผู้ผลิตกระดาษสาในภาคเหนือ กำลังประสบกับปัญหาการขาดแคลนเปลือกสา ทำให้เปลือกสามีราคาแพง และหาซื้อได้ยาก (เจษฎา สุวรรณ, 2535) พบว่ากลุ่มผู้ผลิตกระดาษสาต้องซื้อเปลือกสาในราคากิโลกรัมละ 10-12 บาท ในปี พ.ศ. 2532 ซึ่งทำนองเดียวกันกับหมู่บ้านที่ผลิตกระดาษสาใน จังหวัดเชียงราย จังหวัดเชียงใหม่ และจังหวัดพะเยา ก็พบปัญหาเช่นเดียวกัน คือต้องซื้อเปลือกสาในราคาที่แพงขึ้นเฉลี่ยกิโลกรัมละ 16-25 บาท และราคาจะสูงขึ้นอีกในปีต่อๆไปจากสภาพของปัญหาที่กล่าวมาเป็นแรงจูงใจให้ผู้วิจัยคิดค้นหาเส้นใยต่างๆจากพืชพรรนไม้มาผลิตเป็นกระดาษสาในปัจจุบันมีการพัฒนากระดาษสาโดยการแปรรูปจากเส้นใยพืชพรรณไม้ จากการศึกษาถึงวัสดุในปัจจุบันนั้นได้มีการประยุกต์ใช้เส้นใยตามธรรมชาติ มาใช้เป็นเส้นใยเสริมแรงในวัสดุ เนื่องจากเส้นใยธรรมชาติมีเยื่อลักษณะพิเศษที่สามารถผลิตกระดาษสาได้ เช่น มีความเหนียว แข็งแรง ทนทาน สวยงาม และวัตถุดิบยังหาได้ง่าย และมีปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติของเส้นใย คือ โครงสร้างทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และการจัดเรียงตัวของโมเลกุล ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้จะทำปฏิกิริยาที่ทำให้กระดาษสามีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น จึงเหมาะสำหรับการนำมาพัฒนาทำเป็นกระดาษสา เมื่อนำกระดาษสาไปใช้ในอุตสาหกรรม หรือแปรรูปต่างๆ เช่น ร่มกระดาษสา ดอกไม้ประดิษฐ์ ปกสมุดบันทึก กระดาษห่อของขวัญ โคมไฟ บัตรอวยพร ของชำรวยและใช้ในงานศิลปหัตกรรม นอกจากจะช่วยลดต้นทุน และเพิ่มประสิทธิภาพของกระดาษสาแล้วยังช่วยลดปัญหาผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมได้ ฉะนั้นการพัฒนากระดาษสาจึงมีกระบวนการผลิตกระดาษสาที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมที่สามารถเข้าถึงเป้าหมายตลาดภายในและภายนอกประเทศ ดังนั้นจำเป็นมีการส่งเสริมพัฒนาคุณภาพกระดาษสาให้ได้มาตรฐานและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น

เปลือกส้มโอจัดว่าเป็นวัสดุทางการเกษตรอีกประเภทหนึ่ง ซึ่งมีคุณสมบัติทางเส้นใยสามารถใช้ในการผลิตกระดาษสาได้ เนื่องจากบริเวณเปลือกสีขาวมีเยื่อบางโดยมีสารเพคตินเป็นองค์ประกอบที่มีลักษณะคล้ายวุ้นและเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ในผนังเซลล์และรอยต่อระหว่างผนังเซลล์ของเปลือกส้มโอสีขาว โดยรวมตัวอยู่กับเซลลูโลส ทำหน้าที่ยึดเกาะผนังเซลล์ให้ติดกันคล้ายกับซีเมนต์ เมื่อนำมาผลิตเป็นกระดาษสาทำให้เส้นใยมีการยึดเกาะแน่น จึงได้ทำการศึกษา (ฐิติมน สันติชัยรัตน์, 2555) พบว่ากระดาษที่ได้จากเปลือกส้มโอเนื้อกระดาษไม่เรียบ กระดาษแข็งเปราะหักง่ายไม่สามารถใช้งานได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงคิดค้นหาอัตราส่วนผสมจากวัสดุผักตบชวา ซึ่งผักตบชวาเป็นพืชที่มีคุณสมบัติ

ของเส้นใยมากถึง 70 เปอร์เซ็นต์ เป็นเส้นใยเดี่ยวมีความเหนียวมากสามารถประสานให้เยื่อของกระดาษยึดติดกัน (ปารีชาติ วิระพันธุ์, 2551) พบว่ากระดาษที่ได้จากเส้นใยผักตบชวา กระดาษละเอียด มีสีน้ำตาลอ่อน มองเห็นลวดลายของเส้นใยในเนื้อกระดาษได้ชัดเจน ผิวสัมผัสมีความหยาบสามารถใช้งานได้

จากในพื้นที่จังหวัดปัตตานีเป็นพื้นที่ที่มีการทำเกษตรกรรมหลากหลายรูปแบบ อาทิ เช่น การทำสวนยาง การทำนา การปลูกพืชผักผลไม้ต่างๆ ซึ่งส้มโอเป็นพืชที่นิยมปลูกกันเป็นจำนวนมาก ทำให้เปลือกส้มโอและลูกที่หล่นจากต้นมีปริมาณมาก จึงทำให้ขาดการกำจัดเปลือกส้มโออย่างถูกวิธีและการนำไปใช้ประโยชน์มีน้อยมาก จากปริมาณของเปลือกส้มโอที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ทัศนียภาพในพื้นที่เสื่อมลง ส่วนพืชผักตบชวาในพื้นที่จังหวัดสงขลามีการขยายตัวในแหล่งน้ำอย่างรวดเร็ว เพราะมีปัจจัยภายนอกเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น การได้รับธาตุอาหารจากแหล่งต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นทางการเกษตร ทางอุตสาหกรรม และจากชุมชน เมื่อมีพืชผักตบชวาในแหล่งน้ำในปริมาณที่มากจะทำให้อัตราการไหลของแหล่งน้ำเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

จากปัญหาข้างต้นที่กล่าวมา ทำให้คณะผู้วิจัยจึงเกิดแนวความคิดที่จะศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาวัสดุเหลือใช้จากเปลือกส้มโอโดยใช้เส้นใยผักตบชวาเป็นส่วนผสมในการพัฒนาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตกระดาษสา ซึ่งเป็นการเสริมแนวความคิดในการดึงประโยชน์ของทรัพยากรธรรมชาติทางการเกษตรใช้ให้คุ้มค่ามากที่สุด นอกจากจะช่วยลดต้นทุน และเพิ่มประสิทธิภาพของกระดาษสาแล้ว ยังช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมอีกทางหนึ่ง ซึ่งเป็นแนวทางที่เหมาะสมในการกำจัดกับปัญหาสิ่งแวดล้อม จึงมีกระบวนการส่งเสริมพัฒนาคุณภาพกระดาษสาให้ได้มาตรฐานและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้นเพื่อการพัฒนาที่อย่างยืน

6.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1) เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการผลิตกระดาษสาจากเปลือกส้มโอกับผักตบชวา

2) เพื่อศึกษาคุณภาพกระดาษสาจากเปลือกส้มโอกับผักตบชวาโดยเปรียบเทียบเกณฑ์ผลิตภัณฑ์กระดาษชุมชน

6.3 ตัวแปร

ตัวแปรต้น คือ อัตราส่วนระหว่างเปลือกส้มโอกับผักตบชวา

ตัวแปรตาม คือ คุณภาพของกระดาษสา

ตัวแปรควบคุม คือ วัตถุดิบ และกระบวนการผลิต

6.4 นิยามศัพท์

กระดาษสาเปลือกส้มโอ หมายถึง กระดาษที่ทำมาจากเปลือกส้มโอสีขาวมาผ่านกระบวนการย่อยแล้วทำเป็นแผ่นบนตะแกรงนำไปตากให้แห้งมีลวดลายในเนื้อ (ธิติมน สันติชัยรัตน์, 2555)

กระดาษสาผักตบชวา หมายถึง กระดาษสาที่ทำมาจากผักตบชวา โดยการนำก้านของผักตบชวามาผ่านกระบวนการย้อยแล้วทำเป็นแผ่นบนตะแกรงนำไปตากให้แห่งมีลวดลายตามธรรมชาติที่เกิดขึ้นในเนื้อกระดาษ (วุฒินันท์ คงทัด, 2545)

กระดาษสาเปลือกส้มโอผสมผักตบชวา หมายถึง กระดาษที่ทำมาจากเปลือกส้มโอในส่วนเปลือกสีขาวผสมด้วยผักตบชวาในส่วนของก้านมาผ่านกระบวนการย่อยแล้วทำเป็นแผ่นบนตะแกรงนำไปตากให้แห้ง มีลวดลายในเนื้อเดียวกัน

6.5 สมมุติฐานของการวิจัย

1) เปลือกส้มโอผสมด้วยผักตบชวาสามารถนำมาทำกระดาษสาได้
2) ความแตกต่างของกระดาษสาจากวัสดุธรรมชาติเปลือกส้มโอกับผักตบชวา

6.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการทำวิจัย

1) ทราบกระบวนการผลิตกระดาษสาจากเปลือกส้มโอกับผักตบชวา
2) สามารถนำวัสดุเหลือใช้กลับมาใช้ใหม่ให้เกิดประโยชน์ในการทำกระดาษสา
3) เป็นแนวทางในการศึกษาค้นคว้าการทำกระดาษสาและเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือใช้
4) ช่วยลดปริมาณของเสียจากวัสดุเหลือใช้ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
5) ได้แนวคิดในการพัฒนากระดาษสา จากวัสดุธรรมชาติและได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

6.7 ระยะเวลาดำเนินการวิจัย

กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2556 – พฤศจิกายน พ.ศ. 2557

6.8 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กาญจนา ลือพงษ์, นงนุช ศศิธรม, เกษม มานะรุ่งวิทย์ (2555) การเสริมแรงยางธรรมชาติด้วยเส้นใยผักตบชวา กระทำโดยการบดผสมยางธรรมชาติ (ทีทีอาร์ 20) ให้เข้ากับเส้นใยผักตบชวาซึ่งผ่านการบดละเอียดแล้ว พร้อมกับสารเคมีต่างๆ ที่จำเป็นในการทำสารประกอบยางโดยทำการศึกษาอธิพลของปริมาณ (5 และ10 phr) และขนาดของเส้นใยผักตบชวา (ละเอียด ปาน กลาง และหยาบ) ต่อสมบัติเชิงกล ความแข็งของชิ้นงานที่ใส่เส้นใย จะสูงกว่าชิ้นงานที่ไม่ได้ใส่เส้นใยผักตบชวา ซึ่งความแข็งจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณและขนาดของเส้นใยเพิ่มขึ้น แต่ค่าความต้านทานต่อแรงดึงจะต่ำลงเมื่อปริมาณและขนาดของเส้นใยเพิ่มขึ้น สำหรับ โมดูลัส (500) จะสูงขึ้น เมื่อปริมาณของขนาดเส้นใยเพิ่มขึ้น ส่วนค่าความต้านทานต่อการสึกหรอของชิ้นงานนั้นจะต่ำกว่าชิ้นงานที่ไม่ได้ใส่เส้นใยผักตบชวา ยิ่งปริมาณและขนาดของเส้นใยเพิ่มขึ้นค่าความต้านทานสึกหรอจะน้อยลง การใช้สารเชื่อประสารเพื่อเพิ่มแรงยึดเกาะระหว่างเส้นใยกับยางธรรมชาติจะช่วยเพิ่มสมบัติเชิงกลต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้น

ฐิติมน สนติชัยรัตน์ และคณะ (2012) จากการศึกษาคุณภาพของกระดาษจากเปลือกส้มโอ พบว่ากระดาษจากเปลือกส้มโอที่เคยมีผู้ผลิตมาแล้วนั้นเนื้อกระดาษไม่เรียบ จึงทำการทดลองโดยต้มเปลือกส้มโอกับโซดาไฟในเวลาต่างกันเพื่อเป็นการศึกษาความเรียบของกระดาษจากเปลือกส้มโอ ดังนี้คือ 120 นาที 150 นาทีและ 180 นาทีเพื่อนำมาเปรียบเทียบความเรียบของของกระดาษผลที่ได้คือกระดาษที่ได้จากการต้ม 120 นาที มีรูพรุนขนาดเล็กจำนวนมากจากการต้ม 150 นาทีมีรูพรุ่นทั้งขนาดใหญ่และเล็กจำนวนไม่มากนักและกระดาษที่ได้จากการต้ม 180 นาทีกระดาษมีรูพรุนขนาดใหญ่เล็กน้อยและกระดาษที่ได้จากการต้มทั้ง 3 ช่วงเวลานี้มีลักษณะที่เหมือนกันคือ เนื้อกระดาษแข็งเปราะง่ายไม่สามารถนำไปใช้งาน

วุฒินันท์ คงทัด, ชัยพร สามพุ่มพวง และสาริมา สุนทรารชุน (2555) จากการศึกษาคุณสมบัติทางเชิงกลของกระดาษผักตบชวาผสมเยื่อสาที่ทำด้วยมือแบบไทยเพื่องานหัตถกรรม เยื่อผักตบชวาต่อเยื่อปอสาในอัตราส่วน 100:0 90:10 80:20 70:30 และ 0:100 ใช้กระดาษผักตบชวาจะมีความต้านแรงดึงที่ดีกว่ากระดาษฟางข้าว ถ้าผสมเยื่อปอสาที่เท่ากัน ความต้านทานแรงดันทะลุของกระดาษผักตบชวาที่มีส่วนผสมของเยื่อผักตบชวาต่อเยื่อปอสาในอัตราส่วน 70:30 จะมีความต้านแรงดันทะลุสูงสุดและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติกับกระดาษในอัตราส่วนอื่นๆ กระดาษที่ไม่ผสมเยื่อปอสาน้อยกว่าร้อยละ 10 จะมีความต้านแรงทะลุที่ต่ำ ดังนั้น การทำแผ่นกระดาษควรผสมเยื่อปอสาให้มากกว่าร้อยละ 10 จะได้กระดาษที่มีความต้านทานแรงดันทะลุที่ดีขึ้น ความต้านทานการหักพับของกระดาษที่มีส่วนผสมเยื่อผักตบชวาจะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติและมีความต้านทานการหักพับดีกว่ากระดาษสา โดยเฉพาะกระดาษที่มีส่วนผสมของเยื่อผักตบชวาต่อเยื่อปอสาในอัตราส่วน 70:30 วัดความต้านการหักพับได้ 118.44 ครั้ง ใกล้เคียง

กับกระดาษที่มีส่วนผสมของเยื่อฟางข้าวต่อเยื่อปอสาในอัตราส่วน 30:70 ที่วัดได้ 122.27 ครั้ง แสดงว่าเยื่อใยสั้นที่ผสมกับเยื่อใยยาวจะช่วยในการยึดเกาะกันระหว่างเส้นใยสั้นดีกว่ากระดาษที่มีแต่เส้นใยยาวอย่างเดียว ผลการทดสอบคุณสมบัติทางเชิงกลของกระดาษผักตบชวาที่ผสมด้วยเยื่อปอสาในอัตราส่วนต่างๆ เมื่อพิจารณาในปัจจัยที่สำคัญของกระดาษที่จะต้องนำไปใช้งานหัตถกรรมซึ่งประกอบด้วยความต้านทานแรงฉีกขาด ความต้านทานแรงดึง ความต้านทานแรงดันทะลุ และความต้านทานแรงหักพับ เมื่อเปรียบเทียบกับกระดาษสาพบวากระดาษที่มีส่วนผสมของเยื่อผักตบชวาต่อเยื่อปอสาในอัตราส่วน 70:30 จะมีคุณสมบัติที่ดีกว่ากระดาษสามีเพียงคุณสมบัติความต้านทานแรงฉีกขาดเพียงปัจจัยเดียวที่ต่ำกว่ากระดาษสาเล็กน้อย ดังนั้นการผลิตกระดาษผักตบชวาควรใช้วิธีการผสมเยื่อใยยาวปอสาในอัตราส่วนเยื่อผักตบชวาต่อเยื่อปอสาในอัตราส่วน 70:30 จะได้กระดาษที่มีคุณสมบัติทางเชิงกลทางเชิงกลที่เหมาะสมต่อการใช้งานหัตถกรรม

จากการศึกษาคุณสมบัติทางเชิงกลของกระดาษผักตบชวาผสมเยื่อปอสาที่ทำด้วยมือแบบไทยในอัตราส่วน 100:0 90:10 80:20 70:30 และ 0:100 โดยเตรียมตัวอย่างและทดสอบคุณสมบัติของกระดาษตามวิธีมาตรฐานของ TAPPI ผลการศึกษากระดาษที่ผสมเยื่อผักตบชวาต่อเยื่อปอสาในอัตราส่วน 70:30 มีคุณสมบัติทางเชิงกลที่ดีสามารถใช้งานหัตถกรรมแทนกระดาษสาได้ คุณสมบัติทางเชิงกล ประกอบด้วย น้ำหนักมาตรฐาน 65±5 g/m^2 ความขาวสว่างร้อยละ 64.35 ความเรียบ 5.75 วินาทีความต้านทานแรงฉีกขาด 32.83 $mN.m^2/g$ ความต้านทานแรงดึง 23.91 N.m/g ความต้านทานแรงดันทะลุ 2.46 $kPa.m^2/g$ และความต้านทานแรงหักพับ118.44 ครั้ง

สมชาย บุญพิทักษ์, วรทัศน์ ศรีวิชัย (2551) ได้กำหนดวัตถุประสงค์ในการทำโครงการวิจัยไว้ 2 ข้อ คือ 1. เพื่อศึกษาและพัฒนาผักตบชวา สำหรับผลิตเป็นเฟอร์นิเจอร์ 2 เพื่อศึกษาและพัฒนาผักตบชวา สำหรับผลิตเป็นเฟอร์นิเจอร์ประเภทเก้าอี้พักผ่อน จากการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดแบ่งกระบวนการในการวิจัยไว้ 3 ตอน คือ ตอนที่ 1 การนำผักตบชวามาหาคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล ตอนที่ 2 กระบวนการผลิตหรือสานขึ้นรูปเฟอร์นิเจอร์ และตอนที่ 3 คือการนำเฟอร์นิเจอร์ที่ทำการถักสานขึ้นรูปแล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินผล ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มผช.๓๙/๒๕๔๖) ซึ่งมีผลการวิเคราะห์ดังนี้ 1) การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของผักตบชวา ผลการวิเคราะห์พบว่า การทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของผักตบชวา ที่มีขนาดความยาวที่ใช้ในการทดสอบ 0.80–1.20มม. จะได้ปริมาณความชื้น 8.44 % ได้การดูดซึมน้ำ 388 % ได้กำลังดึงประลัย 100 MPaได้การยืดตัว 24.36 % ได้ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น 255 MPaและได้กำลังในการยืดเหนี่ยว 0.22 MPaจากผลการทดสอบดังกล่าวจะเห็นได้ว่า คุณสมบัติของผักตบชวาสามารถที่จะนำมาผลิตเป็นเฟอร์นิเจอร์ได้ เนื่องจากเป็นพืชที่มีกำลังดึงกำลังการยืดเหนี่ยวและมีค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นสูง ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ดีในการทำเฟอร์นิเจอร์ประเภทถักสาน 2) การวิเคราะห์แบบประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ ตามมาตรฐาน

ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มผช.๓๙/๒๕๔๖) ผลการประเมินพบว่า 2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะทั่วไปของเฟอร์นิเจอร์ที่ผลิตจากผักตบชวา พบว่าด้านความสวยงามของรูปร่าง รูปทรงสมมาตรกัน ได้ค่าเฉลี่ย 3.73 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.799 ระดับความคิดเห็นมากที่สุด และในส่วนของราไม่มีปรากฏให้เห็นอย่างเด่นชัด ได้ค่าเฉลี่ย 3.53 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.516 มีระดับความคิดเห็นมากที่สุด 2.2 ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะของเส้นผักตบชวา ที่ใช้ในการสานเฟอร์นิเจอร์พบว่า ด้านต้องมีขนาดของเส้นสม่ำเสมอ เหนียวนุ่มไม่เปราะ ขาดง่าย และไม่มีรอยจุดหรือด่างอย่างเด่นชัด ได้ค่าเฉลี่ย 3.60 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.737 มีระดับความคิดเห็นมากที่สุด 2.3 ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะการถักสานเฟอร์นิเจอร์ พบว่าด้านต้องคงทนเหมาะสมกับสภาพการใช้งาน ได้ค่าเฉลี่ย 3.33 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.488 มีระดับความคิดเห็นมาก 2.4 ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะลวดลายการสานเฟอร์นิเจอร์ พบว่าด้านต้องประณีต สวยงาม สม่ำเสมอ การเว้นระยะของลวดลายให้เป็นไปตามที่กำหนดและต้องไม่เห็นรอยต่อตลอดชิ้นงานอย่างเด่นชัด ได้ค่าเฉลี่ย 3.47 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.674 มีระดับความคิดเห็นมาก 2.5 ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะสีเฟอร์นิเจอร์ พบว่าด้านสีธรรมชาติ กรณีที่มีการย้อมสี เมื่อลูบผลิตภัณฑ์จากผักตบชวาแล้วสีไม่ติดมือ ได้ค่าเฉลี่ย 3.53 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.516 มีระดับความคิดเห็นมากที่สุด 2.6 ข้อมูลเกี่ยวกับการประกอบด้วยวัสดุอื่น พบว่าด้านต้องมีความประณีตและเหมาะสมกับชิ้นงาน ได้ค่าเฉลี่ย 3.60 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.73 มีระดับความคิดเห็นมาก 2.7 ข้อมูลเกี่ยวกับการเคลือบเงา พบว่าด้านความเงาต้องเรียบ มีความเงาสม่ำเสมอไม่เป็นเม็ด ไม่แข็งกระด้าง หรือหนาเกินไป ทำให้ขาดความงามตามธรรมชาติ หรือทำให้เส้นผักตบชวา กรอบแตก และสีหลุดออก ได้ค่าเฉลี่ย 3.3 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.799 ระดับความคิดเห็นมาก

เจษฎา สุวรรณ (2536) อ้างถึง ฉลอง เอี่ยมอาทร (2533 ข : 56-60) จากการศึกษางานวิจัยการทำกระดาษจากผักตบชวาโดยใช้วิธีการและเครื่องมือชนิดเดียวกันที่ใช้ทำกระดาษสาด้วยมือทุกประการ พบว่าเยื่อของผักตบชวาเป็นเยื่อชนิดเส้นใยสั้นเล็ก และละเอียด กระดาษที่ได้มีลักษณะเนื้อแน่นกว่ากระดาษสาเล็กน้อยมีความเหนียวน้อยกว่ากระดาษสา สามารถนำไปใช้งานได้กว้างขวางพอๆ กับกระดาษสาแต่ปริมาณของเยื่อที่ได้จากผักตบชวาต่ำมากเพียงร้อยละ 10-20 เท่านั้น และได้เสนอแนวคิดว่าควรนำเอาเยื่อของผักตบชวาไปผสมกับเยื่อของสา โดยใช้อัตราส่วนเยื่อสา ต่อเยื่อผักตบชวาคิดเป็น 80 ต่อ 20 จะได้ชนิดกระดาษบางพิเศษเพราะเยื่อของผักตบชวาจะเข้าไปทำหน้าที่อุตรูพรุนต่างๆ ของเยื่อเส้นใยยาว เช่น เยื่อสาจึงทำให้กระดาษมีเนื้อแน่น คุณภาพดีราคาแพง และเป็นการลดการใช้เยื่อสาลง หรือเป็นทางเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ของกระดาษจากเส้นใยธรรมชาติชนิดใหม่แก่นักออกแบบทั้งหลาย เพื่อนำไปประดิษฐ์เป็นสินค้าต่างๆ ได้อย่างน่าสนใจ

จากที่ได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการผลิตกระดาษสาข้างต้นพบว่า กระดาษสาเป็นกระดาษที่ได้มาจากพืชเส้นใยจากธรรมชาติเป็นส่วนใหญ่ โดยมุ่งเน้นหาอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อ

การผลิตกระดาษสา เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดอัตราส่วนผลิตภัณฑ์จากเส้นใยธรรมชาติ ที่ประกอบด้วย การศึกษาและค้นหาข้อมูลด้วยวัตถุดิบ และการสำรวจกรรมวิธีการผลิต จากเส้นใยธรรมชาติที่สามารถผลิตกระดาษสาพบว่า เส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา ได้รับความสนใจในการนำเส้นใยมาผลิตกระดาษสา เนื่องจากเส้นใยเปลือกส้มโอมีสารเพคติน และในส่วนของเส้นใยผักตบชวามีเส้นใยมากถึง 70 เปอร์เซ็น มีเซลลูโลสมากที่สุด ผู้วิจัยจึงได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของคุณสมบัติของเส้นใยและรวมถึงผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม ดังนั้นผู้วิจัยได้เลือกเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวานำมาผลิตกระดาษสาเพื่อลดผลกระทบให้เกิดขึ้นน้อยลง ซึ่งเป็นเส้นใยสามารถทดแทนที่น่าสนใจเป็นอย่างมากในการพัฒนาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตกระดาษสาได้

6.9 วิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองใสนห้องปฏิบัติการ

6.9.1 ขอบเขตการวิจัย

การทดลองการพัฒนาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตกระดาษสาจากเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา เป็นงานวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการโดยการนำเปลือกส้มโอ ณ ตำบลเมาะมาวี อำเภอยะรัง จังหวัดปัตตานี ใช้ในส่วนของเปลือกสีขาว และผักตบชวา ณ ตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา ใช้ในส่วนของก้านมาผลิตเป็นกระดาษสา โดยกระบวนการผลิตใช้วิธีทางเคมีสารที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา คือ สารโซเดียมไฮดรอกไซด์ และสารตัวช่วย คือ น้ำ กับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และทำการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้น ซึ่งทำการทดลองมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

6.9.1.1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

1) เส้นใยเปลือกส้มโอโดยนำส่วนเปลือกสีขาว แล้วหันเป็นชิ้นเล็กๆ

2) เส้นใยผักตบชวาโดยการนำส่วนของก้านผักตบชวา แล้วหันยาวประมาณ 2 เซนติเมตร

6.9.1.2 พื้นที่ศึกษา

1) พื้นที่เก็บตัวอย่างเส้นใยผักตบชวาได้เก็บตัวอย่างจากมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา และเส้นใยเปลือกส้มโอได้รับความอนุเคราะห์จากชาวบ้านเมาะมาวี อำเภอยะรัง จังหวัดปัตตานี

2) พื้นที่วิจัยและทดสอบคุณสมบัติ ณ ศูนย์วิทยาศาสตร์ และศูนย์เทคโนโลยียาง และพอลิเมอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

6.9.2 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี

6.9.2.1 วัสดุ

1) บีกเกอร์ขนาด (2,000 ml)
2) ตะแกรงมุ้งลวด
3) กะละมังอลูมิเนียม
4) แท่งแก้วคน

6.9.2.2 อุปกรณ์

1) ตู้อบความร้อน (Hot air oven) ยี่ห้อ Memmert รุ่น D-91126 Schwabach
2) เครื่องให้ความร้อน (Hot plate)
3) เครื่องปั่นผลไม้

6.9.2.3 สารเคมี

1) โซเดียมไฮดรอกไซด์
2) น้ำ

6.9.2.4 วัตถุดิบที่ใช้

1) เปลือกส้มโอ (เปลือกส้มโอสีขาว)
2) ผักตบชวา (ก้านผักตบชวา)

6.9.2.5 เครื่องวัดผลการทดลอง

1) เครื่องชั่งแบบละเอียด (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)
2) เครื่อง Tensile Machine
3) โถดูดความชื้น
4) เวอร์เนียร์

6.9.3 วิธีดำเนินการทดลอง

6.9.3.1 การเตรียมเส้นใยเปลือกส้มโอและเส้นใยผักตบชวา

1. นำเส้นใยเปลือกส้มโอหันเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้นออกจากนั้นทำการต้มเยื่อ

2. นำเส้นใยผักตบชวาหันยาวประมาณ 2 เซนติเมตร แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้นออก จากนั้นทำการต้มเยื่อ

6.9.3.2 การกำหนดอัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมในการผลิตกระดาษสาจากเส้นใยเปลือกส้มโอและเส้นใยผักตบชวา

การศึกษาเพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตกระดาษสาจากเส้นใยเปลือกส้มโอและเส้นใยผักตบชวาในอัตราส่วน 90:10 80:20 70:30 60:40 50:50 40:60 30:70 20:80 และ 10:90 ในการผลิตกระดาษสาด้วยเส้นใยเปลือกส้มโอผสมเส้นใยผักตบชวา ด้วยความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 10 กรัมต่อน้ำหนักแห้งและปริมาณน้ำ 1,000 มิลลิลิตร โดยจะใช้เวลาในการต้ม 3 ชั่วโมง อยู่ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เพื่อต้องการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมแล้วนำไปทดสอบหาคุณสมบัติดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 6.9.3.2

ตารางที่ 6.9.3.2 อัตราส่วนโดยเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวาต่อตัวทำละลาย

ลำดับที่	เส้นใยน้ำหนัก (กรัม)		ตัวทำละลาย	
	เปลือกส้มโอ	ผักตบชวา	น้ำ(มิลลิลิตร)	โซเดียมไฮดรอกไซด์ (กรัม)
1	10	90	1000	10
2	20	80	1000	10
3	30	70	1000	10
4	40	60	1000	10
5	50	50	1000	10
6	60	40	1000	10
7	70	30	1000	10
8	80	20	1000	10

6.9.3.2 ขั้นตอนการผลิตกระดาษสาจากเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา

1. นำเปลือกส้มโอและผักตบชวามาหั่นให้เป็นชิ้นเล็กๆแล้วนำไปต้มกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 10 กรัม โดยใช้บีกเกอร์ขนาด 4,000

มิลลิลิตร ต้มด้วยเครื่อง Hot peat ปรับอุณหภูมิที่ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

2. นำเส้นใยเปลือกส้มและเส้นใยผักตบชวาที่เปื่อยมาล้างน้ำให้สะอาดจนหมดเมือกลื่นๆ จากโซเดียมไฮดรอกไซด์แล้วนำไปปั่นให้ละเอียดแล้วพักไว้เติมน้ำสะอาดในภาชนะ

3. วางตะแกรงเหนือผิวน้ำพอประมาณนำเยื่อกระดาษที่ได้มาร่อนในตะแกรงมุ้งลวดให้สม่ำเสมอแล้วนำตะแกรงมุ้งลวดที่มีเยื่อกระดาษมาผึ่งให้แห้งในตู้อบปรับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

4. เมื่อแห้งนำมาลอกออกจากตะแกรงมุ้งลวด

5. เมื่อได้กระดาษจากเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวาแล้วนำมาตรวจสอบหาคุณสมบัติของกระดาษสา โดยจะทดสอบลักษณะทางกายภาพ

6.9.3.2 การทดสอบหาคุณสมบัติของกระดาษจากเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา

1. สอบและวิเคราะห์ความเป็นไปได้ประสิทธิภาพของกระดาษสาจากเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวา การเตรียมและทดสอบคุณสมบัติของกระดาษสาจากเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวานำแผ่นกระดาษสาที่ผ่านการทดลองตามอัตราส่วนที่ได้กำหนดมาทดสอบหาคุณสมบัติของกระดาษสาตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์กระดาษชุมชน โดยนำแผ่นกระดาษสาที่ได้ไม่น้อยกว่า 10 แผ่นก่อนการหาค่าคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติความแข็งตัวกระดาษสาของแผ่นทดลองจะต้องนำมาเก็บไว้ในห้องควบคุมซึ่งมีอุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาทดสอบหาสมบัติของแผ่นกระดาษสา (น้ำหนักมาตรฐาน ความหนา ความหนาแน่น ความชื้น ปริมาตรจำเพาะแรงดึง และแรงฉีกขาด

2.การศึกษาต้นทุนการผลิตกระดาษสาจากเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวาเบื้องต้นการศึกษาต้นทุนในการผลิตกระดาษสาจากเส้นใยเปลือกส้มโอกับเส้นใยผักตบชวาเบื้องต้นโดยจะพิจารณาจากค่าสารเคมี วัสดุ พลังงาน และต้นทุนรวม

6.10 เอกสารอ้างอิง

วุฒินันท์ คงทัด วารุณี ธนะแพสย์. 2550. **คุณสมบัติเชิงกลของกระดาษสาผสมเยื่อโพลิเอททิลินที่ทำด้วยมือแบบไทย**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.kucon.lib.ku.ac.th สืบค้นข้อมูล ณ วันที่ 19 กรกฎาคม 2557.

วุฒินันท์ คงทัด, ชัยพร สามพุ่งพวง, และสาริมา สุนทรารชุน. **คุณสมบัติทางเชิงกลของกระดาษผักตบชวาผสมเยื่อสาที่ทำด้วยมือแบบไทยเพื่องานหัตถกรรม**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.lib.ku.ac.th สืบค้นข้อมูล ณ วันที่ 20 กรกฎาคม 2557.

ฐิติมน สันติชัยรัตน์. 2555. **การศึกษาคุณภาพของกระดาษจากเปลือกส้มโอ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กาญจณา ลือพงษ์, นงนุช ศศิธรรม, เกษม มานะรุ่งวิทย์. 2555. **การเสริมแรงยางธรรมชาติด้วยเส้นใยผักตบชวา.** โครงการทางเทคโนโลยี. ประกาศนียบัตรวิชาชีพขั้นสูง. วิทยาเขตชุมพรเขตอุดมศักดิ์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล.

สมชาย บุญพิทักษ์, วรทัศน์ ศรีวิชัย. 2551. **การศึกษาและพัฒนาผักตบชวา.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

นุศรา นงนุช. 2553. **การผลตกระดาษเชิงหัตกรรม.** วิทยานิพนธ์ปริญญาศิลปะศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์เพื่อพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

ปาริชาติ วีระพันธ์. 2551. **การเปรียบเทียบคุณภาพกระดาษผลิตด้วยมือ.** กลุ่มสาระการเรียนรู้วิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี. สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ. กรุงเทพมฯ

เกษมา วรวรรณ ณ อยุธยา ชะลอ กองสุทธิ์ใจ. 2541. **การทำลวดลายและสีบนกระดาษสา.** กรมการศึกษานอกโรงเรียนกระทรวงศึกษาธิการ.

เจษฎา สุวรรณ. 2535. **การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเยื่อสากับเยื่อชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมเพื่อลดปริมาณการใช้เยื่อสาในกานผลิตกระดาษสาในภาคเหนือ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบันฑิต, สาขาวิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรจ

6.11 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ

ดังแสดงในตารางที่ 6.11-1

ตารางที่ 6.11-1 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาในการทำวิจัย														
	2556									2557					
	ก.พ - มี.ค	เม.ย	พ.ค	มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	มี.ค	เม.ย	พ.ค	มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค - ม.ค
ศึกษาเอกสารและรวบรวมข้อมูล	▬														
สอบโครงร่างวิจัย		▲													
ดำเนินการ วิจัย				▬	▬	▬	▬	▬	▬						
สอบรายงานความก้าวหน้า											▲				
การเขียนเล่มวิจัย												▬	▬	▬	
สอบจบและแก้ไขเล่มวิจัย															▲

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

6.12 งบประมาณค่าใช้จ่ายตลอดโครงการ

ดังแสดงในตารางที่ 6-12

ตารางที่ 6.12-1 งบประมาณค่าใช้จ่ายตลอดโครงการ

รายการ	งบประมาณตลอดโครงการ (บาท)
ค่าใช้สอย	
ค่าบริการสืบค้นข้อมูล	500
ค่าวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	500
ค่าเช่ายานพาหนะเดินทางไปเก็บตัวอย่าง	1,500
ค่าวัสดุ	
ค่าน้ำมันรถ	1,000
ค่าวัสดุสำนักงาน/ค่าถ่ายเอกสาร	1,000
ค่าวัสดุคอมพิวเตอร์	500
รวม	5,000

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY